Naturwissenschaftliche Elementarbücher.

Physik

von

Balfour Stewart,

Professor der Physik in Manchester.

Deutsche Ausgabe

besorgt von

E. Warburg,

Professor der Physik an der Universität Freiburg i/B.

Mit Abbildungen.

Zweite Auflage.

Straßburg,
Verlag von Karl J. Trübner.
1877.

Naturwissenschaftliche Elementarbücher

für den ersten Unterricht

in Elementar-, Mittel-, Real- und Töchterschulen,

herausgegeben von T. H. Huxley, H. E. Roscoe und Balfour Stewart.

Rechtmäßige deutsche Ausgabe.

Chemie von H. E. Roscoe, Professor der Chemie in Manchester. Deutsche Ausgabe bearbeitet von F. Rose, Professor der Chemie an der Universität Straßburg. Mit Abbildungen, gebunden . . . . 80 Pfg.

Physik von Balfour Stewart, Professor der Physik in Manchester. Deutsche Ausgabe besorgt von E. Warburg, Prof. der Physik an der Universität Freiburg i/B. Mit Abbildungen, gebunden . . . . . . 80 Pfg.

Astronomie von Norman Lockyer. Deutsche Ausgabe besorgt von A. Winnecke, Professor der Astronomie an der Universität Straßburg. Mit Abbild., geb. 80 Pfg.

Physikalische Geographie von A. Geikie, Professor der Geologie an der Universität Edinburg. Deutsche Ausgabe, besorgt von Oscar Schmidt, Professor an der naturwissenschaftl. Facultät der Universität Straßburg. Mit Abbildungen, gebunden . . . . . . 80 Pfg.

Geologie von A. Geikie, Professor der Geologie an der Universität Edinburg. Deutsche Ausgabe besorgt von Oscar Schmidt, Professor an der naturwissenschaftl. Facultät der Universität Straßburg. Mit Abbildungen, gebunden . . . . 80 Pfg.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Naturwissenschaftliche Elementarbücher.

Physik

von

Balfour Stewart,

Professor der Physik in Manchester.

Deutsche Ausgabe

besorgt von

E. Warburg,

Professor der Physik an der Universität Freiburg i/B.

Mit Abbildungen.

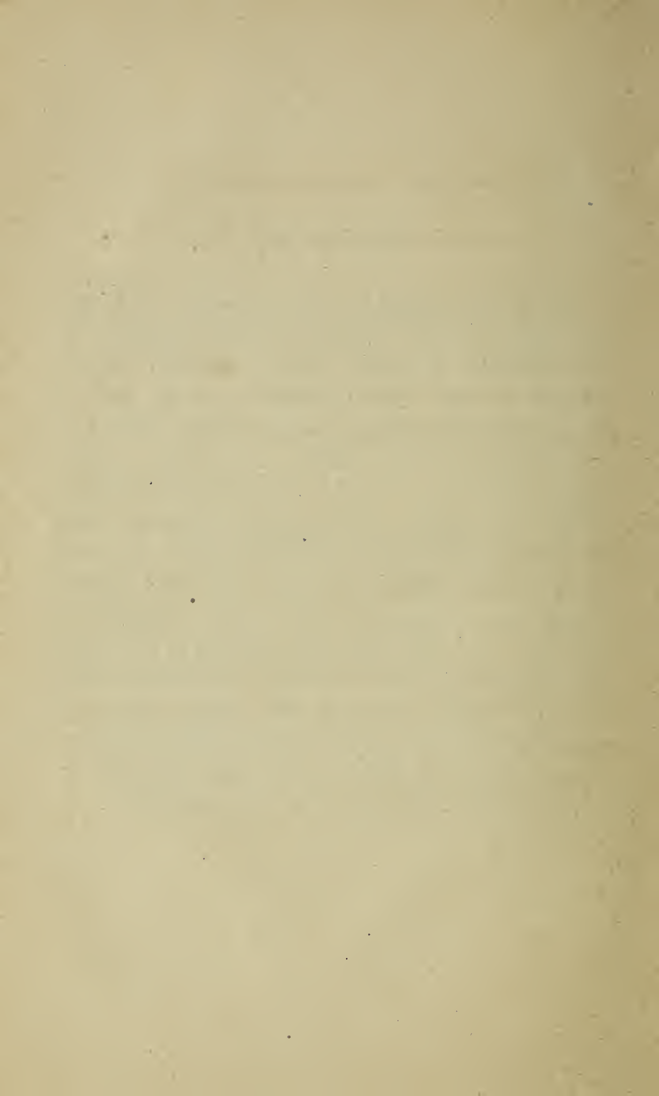
Zweite Auflage.

Straßburg,
Verlag von Karl J. Trübner.
1877.

Straßburg, Druck von G. Fischbach. — 874.

Vorwort.

Bei der Herausgabe der Elementarbücher der Physik und Chemie ist es die Absicht der Verfasser gewesen, die fundamentalen Prinzipien ihrer bezüglichen Wissenschaften in einer Weise darzulegen, welche für ein wenig vorgerücktes Alter paßt. Sie fühlen, daß das zu erstrebende Ziel nicht so sehr sei, zu belehren, als vielmehr zu versuchen, den Geist in einer bisher nicht üblichen Weise zu erziehen, indem man ihn in unmittelbare Berührung mit der Natur selbst bringt. Zu diesem Zweck ist eine Reihe einfacher Versuche ausgewählt worden, welche auf die wichtigsten Sätze beider Wissenschaften hinleiten. Der Lehrer muß diese Versuche in regelmäßiger Folge vor der Klasse ausführen. Die Beobachtungsgabe der Schüler wird auf diese Weise erweckt und gestärkt werden; dabei dient ein gründliches System von Fragen dazu, das Maß und die Genauigkeit der gewonnenen Kenntnisse zu prüfen und zu vermehren.



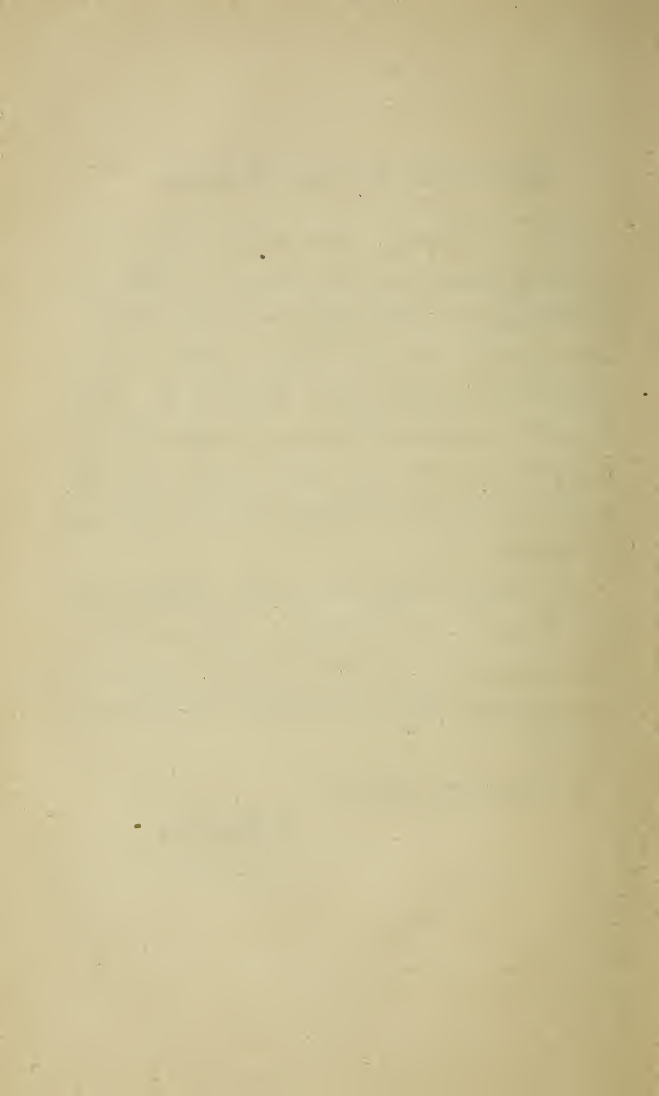
Vorwort zur deutschen Ausgabe.

In dem vorliegenden Buche wird zum ersten Mal der Versuch gemacht, den Unterricht in der Physik von den Anfängen an auf den Boden der neueren Anschauungen zu stellen. Daß die Methode, welche der Herr Verfasser dabei einschlägt, eine anziehende sei, scheint die Zahl der englischen Auflagen zu beweisen. Der Unterzeichnete ist daher gern bereit gewesen, auf den Wunsch der Verlagsbuchhandlung eine Uebersetzung zu veranstalten.

Die englischen Maße sind in dem deutschen Text durch Metermaß ersetzt worden. — Die zur Anstellung der Versuche erforderlichen Apparate werden von dem Mechaniker Maier in Straßburg auf Bestellung angefertigt

Freiburg i/B., Juli 1876.

E. Warburg,
Professor.



Inhaltsverzeichniß.

Eigenschaften der Gase.

Bewegte Körper.

Schwingende Körper.

1. Erklärung der Physik.

Wir haben in der Chemie gesehen, was für Dinge uns umgeben. Wir haben gesehen, was der Chemiker thut; wie er die Dinge wägt und ihre Masse bestimmt; wie er findet, daß gewisse Dinge zusammengesetzt sind und in zwei oder mehrere neue zerlegt werden können, während andere einfach, d. h. Elemente sind und nicht in dieser Weise zerlegt werden können.

Kurz, wir haben uns mit den verschiedenen Arten von Dingen beschäftigt, die in der Welt sind. Aber wir haben nicht viel gelernt von den verschiedenen Zuständen, in welche ein und dasselbe Ding versetzt werden kann. Die Dinge in der Natur haben ihre Launen und Stimmungen gerade wie wir; ist doch zuweilen unser Gesicht heiter, zuweilen finster oder mit Thränen bedeckt. Zuweilen fühlen wir uns stark und arbeitslustig, zuweilen matt und verdrossen.

Wenn wir nun etwas nachdenken, werden wir sehen, daß die uns umgebenden Dinge ihre Launen haben gerade wie wir. Heute ist das Antlitz der Natur hell und lachend, morgen düster und drohend. Der Regen fällt, der Donner rollt und das Meer ist stürmisch und bewegt.

Eine eiserne Kugel, welche auf dem Boden liegt, ist kalt anzufassen und schwer zu heben; legen wir sie aber in's Feuer und nehmen sie wieder heraus, so haben wir zwar dasselbe Ding, aber sein Zustand ist ein ganz anderer geworden. Fassen wir sie nun an, so verbrennen wir

uns die Finger, wir wir Alle wissen. Oder bringen wir sie anstatt in's Feuer in eine Kanone und entladen diese, so wird unsere Kugel mit furchtbarer Schnelligkeit herausfliegen und alles zerschmettern, was sie trifft.

Hieraus sehen wir, daß eine kalte Kanonenkugel etwas ganz anderes ist, als eine heiße, und eine ruhende etwas ganz anderes, als eine bewegte.

Wenn wir sehen, daß Jemand weint und unglücklich ist, so forschen wir der Ursache dieser Stimmung nach, und finden immer, daß eine solche Ursache da ist. Oder wenn wir sehen, daß es Jemandem an Energie fehlt, daß er gleichgültig und schläfrig ist, so fragen wir, was die Bedeutung und die Ursache davon sei, und finden dann, daß es eine Bedeutung und eine Ursache habe. So fragen wir auch, wenn wir Veränderungen finden in dem Zustande oder der Beschaffenheit der leblosen Dinge, nach der Ursache dieser Veränderungen, und finden immer, daß eine solche vorhanden ist. Diese Frage wollen wir auf den folgenden Seiten stellen und zu beantworten suchen. Wir haben schon gelernt, daß diese Art, die Natur zu befragen, Versuch genannt wird.

2. Erklärung der Bewegung.

Vor Allem müssen wir uns klar machen, was Bewegung bedeutet. Bewegung bedeutet Veränderung des Ortes. Wir wissen, daß die feste Erde, auf der wir wohnen, sich sehr schnell um die Sonne bewegt; wir können dies indessen ganz außer Acht lassen, weil die Erde, obgleich sie sich sehr schnell bewegt, uns Alle mitnimmt, und alles so ruhig vor sich geht, als ob die Erde still stände.

Wenn ich daher auf einem Stuhl in einem Zimmer sitze, so

kann ich sagen, daß ich in Ruhe bin; wenn ich aber im Zimmer auf und nieder gehe, so bin ich in Bewegung. Um nun meine Bewegungen zu verstehen, müssen wir mehr wissen, als die einfache Thatsache, daß ich mich bewege. Wir müssen die Richtung oder Linie kennen, in welcher, sowie die Geschwindigkeit, mit welcher ich mich bewege. Wir müssen nun versuchen, uns einen klaren Begriff von der Bedeutung des Wortes „Geschwindigkeit" zu verschaffen. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, ich ginge hinaus in's Freie und ginge auf einem geraden Wege 2 bis 3 Stunden immer in demselben Schritt. Finde ich nun, daß ich in einer Stunde 5 Kilometer über meinen Ausgangspunkt hinausgekommen bin und in 2 Stunden 10 Kilometer, so sage ich, daß ich mit einer Geschwindigkeit von 5 Kilometer die Stunde gehe.

Wie aber, wenn die Geschwindigkeit nicht immer dieselbe ist? Denken wir z. B. an einen Eisenbahnzug, der in die Nähe einer Station kommt und anfängt, seine Geschwindigkeit zu verringern. Angenommen, der Zug fuhr zuerst mit einer Geschwindigkeit von 5 Meilen die Stunde, nun aber wird dieselbe kleiner und kleiner, bis der Zug, bei der Station angekommen, ganz still steht. Wie können wir nun die Geschwindigkeit desselben finden, wenn sie immer wechselt? Oder was meinen wir damit, wenn wir sagen, der Zug fuhr, ehe er anfing seine Bewegung zu verlangsamen, 5 Meilen die Stunde? Wir meinen einfach Folgendes: wenn man dem Zuge eine ganze Stunde lang diejenige Geschwindigkeit gelassen hätte, welche er besaß, ehe er anfing seine Bewegung zu verlangsamen, so hätte er in dieser Stunde 5 Meilen zurückgelegt. Er würde ja wirklich, wenn er, anstatt an der Station anzuhalten, ein Courierzug gewesen und weitergefahren wäre, nach einer Stunde 5 Mei-

len über den Punkt hinausgekommen sein, bei welchem wir anfingen, ihn zu betrachten.

Man kann eine Geschwindigkeit auf verschiedene Weisen ausdrücken. Wir sprechen von einer Geschwindigkeit von so und so vielen Meilen die Stunde, wie wir hier gethan haben, zuweilen aber ist es besser, Meter und Sekunde anzuwenden. Wenn ich z. B. einen Stein in einen Brunnen fallen lasse, so sage ich, daß er beinahe 5 Meter in der ersten Sekunde fällt. 60 Sekunden sind bekanntlich eine Minute, und 60 Minuten sind eine Stunde.

In diesem kleinen Buche werden wir, wenn wir von einer Geschwindigkeit reden, häufiger Meter und Sekunden anwenden, als Meilen und Stunden, und sagen, daß ein Körper sich mit einer Geschwindigkeit von 5, 10, 20 Meter in der Sekunde bewegt, je nach dem Fall, welchen wir vor uns haben.

3. Erklärung der Kraft.

Wodurch wird ein ruhender Körper in Bewegung gesetzt? Oder wodurch wird ein bewegter Körper zur Ruhe gebracht? Das geschieht durch eine Kraft. Eine Kraft setzt einen Körper in Bewegung, und eine Kraft, in entgegengesetzter Richtung angewandt, bringt ihn wieder zur Ruhe. Ja noch mehr, wenn eine starke Kraft nöthig war, einen Körper in Bewegung zu setzen, so ist auch eine starke Kraft erforderlich, um ihn wieder zur Ruhe zu bringen. Man kann beim Kegelspiel eine Kugel mit der Hand in Bewegung setzen und sie auch durch die Hand zur Ruhe bringen, man braucht aber eine starke Kraft, um dasselbe zu bewirken bei einem so massigen Körper wie einem Eisenbahnzuge. Alles, was leicht zu bewegen ist, ist auch leicht zur Ruhe zu bringen, und Alles, was schwer zu bewegen ist, ist auch schwer zur

Ruhe zu bringen. Wir sehen daraus, daß eine Kraft nicht nur thätig ist, wenn sie einen Körper in Bewegung setzt, sondern ebenso wohl, wenn sie einen Körper zur Ruhe bringt. Kurz: man nennt dasjenige Kraft, was den Zustand eines Körpers verändert, mag dieser Zustand nun einer der Ruhe oder der Bewegung sein.

Versuch 1. — Um dies durch einen Versuch zu erläutern, nehme ich ein zinnernes Gefäß, in welchem einige Erbsen liegen, und halte das Gefäß in der rechten Hand. Nun erhebe ich schnell die rechte Hand mit dem Gefäß, bis der Arm angehalten wird durch einen etwas höher angebrachten Holzbalken. (Der linke Arm, steif gehalten, thut dieselben Dienste wie der Balken.) Was ich nun gethan habe, ist dieß: ich habe das Gefäß mit den Erbsen schnell steigen lassen und dann plötzlich angehalten. Zuerst habe ich

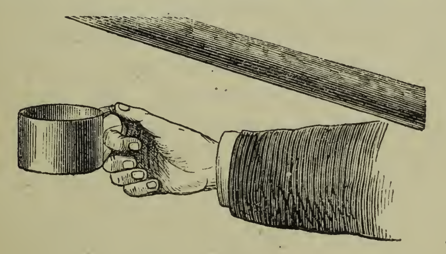


Fig. 1.

durch die Kraft meines Armes dem Gefäß eine aufsteigende Bewegung ertheilt und das Gefäß hat die Erbsen gezwungen, mit ihm zu steigen, da sie doch augenscheinlich nicht zurückbleiben konnten. Dann, als der rechte, das Gefäß haltende Arm schnell aufstieg, wurde er plötzlich aufgehalten

durch den Holzbalken, d. h. der Holzbalken zwang die Hand zum Stillstehen und die Hand zwang ihrerseits das Gefäß, welches sie festhielt, auch zum Stillstehen. Aber diese aufhaltende Kraft wirkt nicht auf die Erbsen, welche lose auf dem Boden des Gefäßes liegen, so daß diese fortfahren aufzusteigen, nachdem das Gefäß aufgehalten worden, und viele von ihnen fallen über den Rand desselben und werden über den Fußboden verstreut.

Versuch 2. — Ich lege wieder Erbsen in das Gefäß, da die vorigen verschüttet sind; aber anstatt das Gefäß schnell zu heben, bewege ich es so schnell wie möglich abwärts. Dabei bewirkt die Kraft meines Armes zwar, daß das Gefäß schnell abwärts bewegt wird, aber sie hat keinen Einfluß auf die Erbsen, die lose auf dem Boden des Gefäßes liegen. Was wird geschehen? Die Erbsen werden der schnellen Bewegung des Gefäßes nicht folgen, sondern zurückbleiben, bis sie zuletzt alle auf dem Boden verstreut sind.

Sehen wir nun zu, was wir aus diesen beiden Versuchen lernen. Wir lernen aus dem ersten, daß die Erbsen, einmal in eine aufsteigende Bewegung gebracht, noch weiter aufsteigen, nachdem das Gefäß aufgehalten worden; denn die aufhaltende Kraft des Balkens wirkt nicht auf die Erbsen. Es bedarf einer Kraft, um ihre steigende Bewegung aufzuhalten, und diese Kraft konnten wir nicht durch den Balken anwenden, so daß sie fortfahren aufzusteigen, bis die Kraft der Erde sie endlich auf den Fußboden zieht. Wir sehen daraus: es bedarf einer Kraft, um einen sich bewegenden Körper aufzuhalten.

In dem zweiten Versuch versetzen wir das Gefäß in eine fallende Bewegung; aber die Kraft des Armes, welche dies bewirkt, übt keine Wirkung aus auf die Erbsen, welche lose auf dem Boden des Gefäßes liegen. Sie beharren in

ihrem Ruhezustand und bleiben hinter dem Gefäß zurück, bis zuletzt die Kraft der Erde sie auf den Fußboden zieht. Wir sehen also: es bedarf einer Kraft, um einen ruhenden Körper in Bewegung zu setzen.

Eine Kraft kann also zwei Dinge bewirken: sie kann entweder einen bewegten Körper aufhalten, oder einen ruhenden in Bewegung setzen. Aber wir finden sehr oft, daß eine Kraft, obwohl vorhanden, nicht thätig ist. Woher kommt das? Wir antworten: es kommt daher, daß sie daran verhindert wird durch eine andere, gleiche und entgegengesetzte Kraft. Halte ich z. B. ein schweres Gewicht in der Hand und lasse es dann los, so bringt die Kraft der Erde, welche auf dasselbe wirkt, es sehr bald auf den Boden. Aber diese Kraft kann nicht thätig werden, so lange ich das Gewicht mit der Hand halte. Oder dasselbe Gewicht liegt auf dem Tisch. Wenn der Tisch nicht da wäre, würde es auf die Erde fallen; aber die Kraft der Erde, welche ihm ein Bestreben zu fallen gibt, kann nicht thätig werden, oder mit anderen Worten, derselben wird ein Hinderniß entgegengesetzt durch den Tisch. Das Gewicht drückt auf den Tisch, aber der Tisch setzt dem Druck einen Widerstand entgegen. Wir haben hier also zwei Kräfte, die einander entgegen wirken: die eine ist das Gewicht und die andere die widerstehende Kraft des Tisches.

Aus all' diesen Beispielen lernen wir, daß eine Kraft das ist, was den Zustand der Ruhe oder der Bewegung eines Körpers verändert, daß eine Kraft aber sehr oft aufgehoben wird durch eine gleiche und entgegengesetzte Kraft und deshalb nicht im Stande ist, irgend welche Wirkung hervorzubringen.

Die wichtigsten Naturkräfte.

4. Erklärung der Schwere.

Ich habe eben erklärt, was die Bedeutung des Wortes Kraft ist; sehen wir uns jetzt einmal um, damit wir erkennen, welches die bedeutendsten Kräfte sind, mit denen wir es zu thun haben, welche Rolle eine jede spielt und welches ihr Nutzen ist. Die hervorragendste Kraft ist die Anziehung der Erde. Wenn wir einen schweren Gegenstand aus der Hand fallen lassen, wissen wir, wo wir ihn zu suchen haben; wir wissen, daß er sich nicht zum Himmel erhebt, und daß er nicht in irgend einer seitlichen Richtung fortgeht, sondern daß er auf den Boden oder die Erde fällt.

Wir sagen, er fällt hinunter, und gerade die beiden Wörter hinauf und hinunter hängen ab von der Anziehung der Erde; denn hätte die Erde keine Anziehungskraft, so würden wir auch solche Wörter nicht anwenden. Das Wort „hinauf" bedeutet eine schwierige Bewegung gegen die Kraft der Erde, das Wort „hinunter" eine leichte Bewegung mit Hülfe der Kraft der Erde. Es ist schwer, einen Berg hinaufzusteigen, aber sehr leicht, ihn hinunterzugehen.

Wenn nun die Erde die Körper anzieht, so folgt daraus nicht, daß alle oder beinahe alle Körper, die wir sehen, sich gegen die Erde hin bewegen. Wir fallen nicht und wünschen auch durchaus nicht, in einer so gefährlichen Lage zu sein. Warum fallen wir nicht? Weil wir auf dem Fußboden stehen; wenn der Fußboden aber nicht da wäre, so würden wir hindurch fallen auf die Erde, und der Fußboden muß stark genug sein, um unser Gewicht auszuhalten, sonst bricht er ein und wir fallen. Bisweilen ist ein hölzerner Fußboden

oder eine Tribüne so überfüllt gewesen, daß sie eingebrochen sind; die Menschen sind dann auf die Erde gefallen, und viele von ihnen sind dabei um's Leben gekommen oder stark verletzt worden.

Wir sehen also, daß die Erde Alles anzieht; aber doch bewegen sich die meisten Körper, welche wir sehen, nicht zu der Erde hin, weil sie durch etwas anderes unterstützt werden, das fähig ist, ihrem Gewichte Stand zu halten. Die Eigenschaft der Körper, welche man Gewicht nennt, entsteht erst durch die Anziehung der Erde. Diese Kraft, welche die Erde ausübt, nennt man Schwere.

5. Erklärung der Cohäsion.

Aber es gibt auch noch andere Kräfte als die, welche die Erde ausübt. Wenn wir ein Stück Saite oder Draht nehmen und versuchen, es in zwei Theile zu zerbrechen, so übt es eine Kraft aus, die uns daran verhindert; und nur, wenn die Kraft, welche wir anwenden, größer ist, als die, welche es uns entgegensetzt, gelingt es uns, es durchzubrechen. Die einzelnen Theile oder Theilchen der Saite oder des Drahtes werden nämlich durch eine Kraft zusammengehalten, die jedem Versuch, dieselben zu trennen, widersteht. Ebenso ist es mit den verschiedenen Theilen oder Theilchen aller festen Körper, wie Holz, Stein, Metall 2c. Es ist oft sehr schwer, ein Ding zu zerbrechen, zu biegen, zu zerstoßen oder überhaupt seine Gestalt oder Größe in irgend einer Weise zu verändern. Die Kraft nun, welche die verschiedenen Theilchen eines Körpers verbindet, nennt man Cohäsion.

Wir erkennen hieraus den Unterschied zwischen Schwere und Cohäsion. Schwere ist die Kraft, mit welcher die Erde

die Körper zu sich anzieht und welche auf eine große Entfernung wirkt, so daß z. B. der Mond, welcher 52,000 Meilen entfernt ist, von der Erde angezogen wird. Cohäsion andererseits ist die Kraft, mit welcher die benachbarten Theilchen eines Körpers zusammenhalten, aber diese Kraft wirkt nur, wenn die Theilchen einander sehr nahe sind; denn wenn einmal ein Ding zerbrochen oder zerstoßen ist, können seine Theilchen nicht leicht wieder zusammengebracht werden.

6. Erklärung der chemischen Anziehung.

Außer diesen beiden Kräften gibt es die Kraft der chemischen Anziehung oder Verwandtschaft. Wir haben in der Chemie gelernt, daß Kohle und Sauerstoffgas sich chemisch verbinden, und daß durch ihre Verbindung Kohlensäure entsteht. Die Kohle und das Sauerstoffgas werden durch die Kraft, die sie auf einander ausüben, gerade so zu einander hingezogen, wie ein Stein zur Erde. Vermittels dieser Kraft stürzen sie zusammen und vereinigen sich, und durch diese Vereinigung entsteht etwas, das von Beiden ganz verschieden ist. Diese Kraft nun nennen wir chemische Anziehung; sie hat die Eigenthümlichkeit, daß sie nur thätig ist zwischen verschiedenartigen Körpern; denn bei der chemischen Verbindung stürzen auf diese Weise zusammen und vereinigen sich nur Körper von verschiedenen Arten.

7. Nutzen dieser Kräfte.

Nachdem wir nun Einiges über die wichtigsten Naturkräfte gelernt haben, wollen wir versuchen, uns klar zu machen, welche Rolle sie spielen und warum sie überhaupt

vorhanden sind, und wir werden bald einsehen, daß wir ohne sie schlimm daran wären. Wir wollen zuerst einmal annehmen, es gäbe keine Schwere und die Erde zöge die Körper nicht an. Wenn wir einen steilen Berg erklimmen, denken wir wohl zuweilen, wie angenehm es sein würde, wenn wir ebenso leicht hinaufgehen könnten, wie hinunter. Wie sehr wünschen wir, daß es keine Schwere gäbe! Aber es wäre ein schreckliches Unglück, wenn einer von den Geistern, von denen wir lesen, uns unsere Bitte gleich erfüllte. Wenn es keine Schwere gäbe, würde es auch kein Gewicht geben, und wir würden dann allerdings leicht genug einen Berg hinaufsteigen; aber wenn wir in die Luft sprängen, würden wir da bleiben und möglicherweise könnten wir dann diese Welt überhaupt verlassen. Unsere Möbel würden theils auf dem Boden liegen, theils auf dem Dach, theils in der Luft umherfliegen, und wir selbst könnten ebenso bequem auf dem Dach gehen, als auf dem Boden. Der Mond, da er nicht mehr an die Erde gebunden wäre, würde uns für immer verlassen und in gleicher Weise würde die Erde, da sie nicht mehr an die Sonne gebunden wäre, dieselbe verlassen und fortwandern unter die Sterne.

Soviel von der Schwere. Was würde nun erfolgen, wenn es keine Cohäsion gäbe? Wenn diese Kraft nicht da wäre, würden die Theilchen der festen Körper nicht aneinander haften, und diese alle in Stücke oder vielmehr in Pulver zerfallen. Das Holz unserer Tische und Stühle würde zu Pulver zerfallen, und wir würden keine Möbel haben; die Mauersteine unserer Häuser würden dasselbe thun, so daß wir keine Häuser hätten. Wir selbst würden dasselbe thun, und so würden schließlich alle Dinge sich in eine ungeheure Staubmasse auflösen.

Schließlich wollen wir uns klar machen, was erfolgen würde, wenn es keine chemische Anziehung gäbe. Erstens würde das Feuer aufhören zu brennen, weil der Kohlenstoff der Kohlen sich nicht mehr mit dem Sauerstoff der Luft verbinden würde. Ferner würden nicht zwei einfache Stoffe oder Elemente sich vereinigen und einen zusammengesetzten Körper bilden, sondern es würde nichts da sein, als ungefähr 60 Elemente, nämlich eine große Anzahl Metalle und eine kleine Anzahl Gase. Es gäbe in einer solchen Welt keine Abwechselung und kein Leben; denn unsere eigenen Körper sind zusammengesetzt, und wenn die chemische Anziehung aufgehoben wäre, würde ein Theil derselben in die Luft aufgehen und sich mit derselben vermischen, während ein anderer Theil bestehend aus Kohlenstoff, etwas Phosphor und einem oder zwei Metallen, auf den Boden fallen würde; und so wäre es mit uns vorbei.

Wie die Schwere wirkt.

---

8. Der Schwerpunkt.

Versuch 3. — Wir wollen nun zu erforschen suchen, was für eine Art Kraft die Schwere ist. Zu diesem Zwecke nehmen wir dieses unregelmäßige Stück Eisenblech und hängen es an einem Faden auf. Wir sehen, daß es in einer bestimmten Weise hängt, und daß der Strich, welcher schon mit Farbe auf dem Blech gezogen ist, dieselbe Richtung hat, wie der Faden. Nun wollen wir das Blech an einem anderen Punkte frei aufhängen. Jetzt sehen wir einen anderen weißen Strich in der Verlängerung des Fadens und

ferner, daß diese beiden weißen Striche sich in einem Punkte durchschneiden, welcher mit S bezeichnet ist.

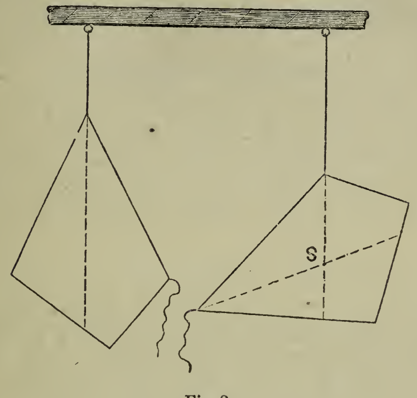


Fig. 2.

Endlich hängen wir das Blech noch an irgend einem dritten Punkt seines Randes auf. Wie vorhin ist ein weißer Strich in der Verlängerung des Fadens gezogen. Wir bemerken, daß diese drei weißen Striche sich alle in demselben Punkt S durchschneiden. Wenn wir nun das Blech an irgend einem Punkte an einem Faden frei aufhängen und einen weißen Strich in der Verlängerung des Fadens ziehen, so finden wir, daß alle diese Striche sich in demselben Punkt S durchschneiden, und daß immer dieser Punkt gerade unter dem Punkte liegt, an welchem das Blech aufgehängt ist; und wenn wir das Blech zur Seite stoßen, kehrt es wieder in seine alte Lage zurück. Welche Bedeutung hat nun dieser ausgezeichnete Punkt S? Um das herauszufinden, befestige ich einen Faden an S und hänge das

Blech an dem Faden auf. Das Blech ist jetzt im Gleichgewicht, wie es auch hängt, gerade als ob sein ganzes Gewicht in dem einen Punkt S vereinigt wäre. S ist nun das, was wir den Schwerpunkt des Blechs nennen. Wenn

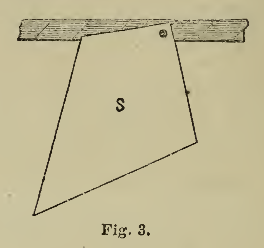


Fig. 3.

ich das Blech an einem Faden frei aufhänge, nimmt es eine solche Lage an, daß sein Schwerpunkt S so tief wie möglich ist. Wenn ich das Blech nicht an einem Faden, sondern lose an einem Pflock aufhänge, so sucht es ebenfalls, seinen Punkt S in eine so tiefe Lage zu bringen, wie nur möglich und hängt nicht, wie in Fig. 3.

9. Die Wage.

Jedes Ding hat einen solchen Punkt S, welchen wir seinen Schwerpunkt nennen. Die Wage auf Seite 28 hat, wie jedes andere Ding, ihren Punkt S, ihren Schwerpunkt, und sucht, gerade wie das Eisenblech, diesen Punkt in eine möglichst tiefe Lage zu bringen.

Wenn nun gleiche Gewichte in beiden Schalen der Wage liegen, ist dieser Punkt S gerade unter dem Punkte, auf welchem die Wage sich wiegt, und wenn ich durch einen Druck versuche, sie auf eine Seite zu bringen, so kehrt sie, nachdem sie losgelassen, schließlich wieder in ihre alte Lage

zurück. Ueberhaupt immer, wenn die Gewichte in jeder Schale gleich sind, behält sie diese Lage bei, wobei der Zeiger gerade auf die Mitte zeigt. Will ich daher ein Ding wägen, so lege ich dasselbe in eine der Schalen und Gewichte in die andere, bis der Zeiger gerade auf die Mitte zeigt, dann bin ich sicher, daß die Gewichte in der einen Schale dem Gewichte des Körpers in der anderen genau gleich sind. Wenn aber die Gewichte nicht schwer genug sind, so wird der Wagebalken durch den Körper nach einer Seite hinübergedrückt, während, wenn die Gewichte zu schwer sind, sie ihrerseits den Balken nach der anderen Seite hinüberdrücken.

Versuch 4. — Ich lege dieses Stück Metall in eine der Schalen und 15 Gramm in die andere; die Schale mit dem Metall sinkt herab, und daraus geht hervor, daß das Metall schwerer ist als die Gewichte. Jetzt lege ich 25 Gramm in die andere Schale; nun sind wiederum diese 25 Gramm zu schwer, die Schale, in welcher sie liegen, sinkt herab, während vordem die andere sank. Also liegt das Gewicht des Metalls zwischen 15 und 25 Gramm. Wir wollen daher 20 Gramm versuchen; jetzt weist der Zeiger gerade auf die Mitte und der Wagebalken ist genau horizontal; das Gewicht des Metalls beträgt also gerade 20 Gramm.

Die drei Aggregatzustände.

10. Wir haben gesehen, daß wir ohne die verschiedenen Naturkräfte nicht auskommen könnten und daß überhaupt keine Welt da wäre, wenn die Theilchen der Körper einander nicht anzögen. Wir haben auch gesehen, daß wenn es keine Cohäsion gäbe, nichts als Staub da sein würde. Wenn

aber anderseits alle Körper Cohäsion in einem hohen Grade besäßen, so würde es beinahe ebenso schlimm mit uns stehen, denn in diesem Fall würden wir weder Flüssigkeiten noch Gase, weder Wasser noch Luft haben.

Die Theilchen einer Stange von Eisen oder Stahl besitzen sehr starke Cohäsion, und es ist sehr schwer, sie von einander zu trennen. Aber Wasser und Quecksilber haben überhaupt fast gar keine Cohäsion, und die geringste Berührung drängt Wasser oder Quecksilber nach allen Richtungen hin auseinander. Dennoch haben diese beiden Flüssigkeiten noch ein wenig Cohäsion, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht.

Versuch 5. — Ich nehme eine sehr kleine Menge Quecksilber aus der Quecksilberflasche und gieße es auf eine flache Glasfläche. Durch Drücken kann ich es in kleine Kügelchen zertheilen. Diese Kügelchen sind nun ein Beweis dafür, daß die Theilchen des Quecksilbers aneinander haften, denn, lege ich eine andere Glasscheibe auf die Kügelchen und drücke sie hierdurch platt, so nimmt das Quecksilber, wenn ich die Glasscheibe entferne, wieder seine frühere kugelförmige Gestalt an.

Versuch 6. — Ich sprenge einige Tropfen Wasser auf eine ölige oder fettige Fläche; dieselben haben eine abgerundete Form, ähnlich den Quecksilbertropfen, ein Beweis dafür, daß die Theilchen aneinander haften. Dagegen haben die Theilchen von Gasen, wie z. B. der Luft, die wir athmen, kein Bestreben, zusammenzuhalten, sondern vielmehr das entgegengesetzte; sie trennen sich nämlich von einander, wenn nicht irgend eine Kraft sie daran hindert. Wir haben also drei sehr verschiedene Zustände der Materie, den festen, flüssigen und gasförmigen; jeder dieser

Zustände hat gewisse Eigenschaften, welche zu seiner Unterscheidung dienen.

11. Erklärung der festen Körper.

Ein fester Körper wie z. B. ein Stück Eisen oder Holz widersteht jedem Versuch, seine Gestalt oder seinen Rauminhalt zu verändern; er behält immer denselben Rauminhalt und dieselbe Gestalt bei, wenn sie nicht gewaltsam verändert werden.

12. Erklärung der flüssigen Körper.

Eine Flüssigkeit wie z. B. Wasser breitet sich, wenn sie sich in einer Flasche oder in einem anderen Gefäß befindet, immer so aus, daß ihre Oberfläche horizontal ist, aber sie behält immer ihren ganz bestimmten Rauminhalt bei. Wir können auf keine Weise ein Liter Wasser in ein Schoppenmaß zwängen; dasselbe besteht darauf, seinen vollen Rauminhalt zu bewahren, aber es ist nicht eigen in Bezug auf seine Gestalt.

13. Erklärung der gasförmigen Körper.

Ein Gas hingegen hat keine freie Oberfläche. Wenn man eine Quantität irgend eines Gases in ein vollkommen leeres Gefäß bringt, so füllt das Gas das ganze Gefäß aus. Auch bestehen die Gase nicht so entschieden wie die Flüssigkeiten darauf, einen bestimmten Raum einzunehmen, denn durch einen passenden Aufwand von Kraft kann man ein Gas, welches erst eine Literflasche ausfüllte, in einen Schoppen oder halben Liter zusammenpressen, ja sogar in einen noch geringeren Raum, wenn man genügende Kraft anwendet. Ein Gas kann also dahin gebracht werden, sich

mit weniger Raum zu begnügen, aber eine Flüssigkeit nicht.

Die Eigenschaften der festen Körper.

14. Das besondere Unterscheidungszeichen eines festen Körpers ist, daß er nicht nur seinen bestimmten Rauminhalt, sondern auch seine bestimmte Gestalt festhält.

Versuch 7. — Auf Fig. 4 sehen wir zwei Gefäße von verschiedener Form aber von demselben Rauminhalt. Wenn wir das erste genau mit Wasser füllen und dieses dann in das zweite gießen, so finden wir, daß es auch das zweite genau ausfüllt.

Hier haben wir ferner zwei Stücke Holz, welche beide dieselbe Gestalt oder Form haben, aber das eine ist viel größer als das andere, ihr Rauminhalt ist verschieden.



Fig. 4.

Aus diesen Beispielen lernen wir, was man unter Größe, Rauminhalt oder Volumen versteht (denn diese drei Wörter

bedeuten dasselbe) und was man unter Form oder Gestalt versteht. Einen festen Körper, der die Gestalt des einen Gefäßes hat, kann man nicht zwingen, die Gestalt des anderen Gefäßes anzunehmen, obgleich der Rauminhalt der beiden derselbe ist; ebenso wenig kann man einem festen Körper von der Größe oder dem Rauminhalt des ersten hölzernen Klotzes durch Zusammenpressen die Größe des zweiten ertheilen, obgleich die Form der beiden Klötze dieselbe ist. Ein vollkommen fester Körper bewahrt seine Form und auch seinen Rauminhalt.

Wir müssen aber wohl beachten, daß, wenn wir sagen, wir können etwas nicht, wir damit nur meinen, wir können es nicht ohne sehr große Schwierigkeit und dann nicht vollständig, sondern nur in sehr geringem Maaße; was wir eigentlich meinen, wird am besten durch eine Reihe von Versuchen erklärt.

Versuch 8. — Ich nehme eine Eisenstange; zuerst versuche ich, sie durch einen Schlag zu zertrümmern, aber sie läßt sich nicht zertrümmern. Hierauf will ich versuchen, sie zu dehnen, indem ich sie an dem einen Ende fest aufhänge und an dem anderen ein schweres Gewicht befestige, aber sie

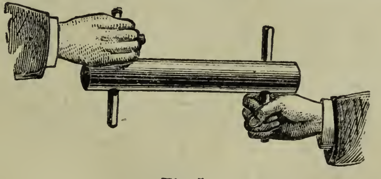


Fig. 5.

läßt sich nicht dehnen. Jetzt will ich mit zwei Stäben, die in die Stange an ihren Enden passen, wie wir auf dem Bilde sehen, versuchen, das eine Ende zu drillen, während

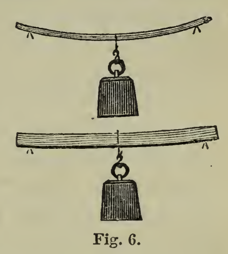
ich das andere festhalte, aber es läßt sich nicht drillen. Nun will ich die Stange aufrecht auf den Tisch stellen und ein schweres Gewicht auf sie legen, um so zu versuchen, ob sie sich zusammendrücken läßt, aber sie läßt sich nicht zusammendrücken. Endlich will ich sie wagerecht an beiden Enden aufhängen und ein Gewicht an der Mitte befestigen, aber ich sehe, sie läßt sich nicht biegen.

Diese Eisenstange nun, welche ich weder durch einen Schlag zertrümmern, noch dehnen, drillen, zusammendrücken oder biegen kann, ist ein sehr gutes Beispiel eines festen Körpers. Wenn aber eine außerordentlich große Kraft angewandt wird, kann die Stange doch gedehnt, gedrillt, zusammengedrückt und gebogen werden. Ja, genau genommen habe ich sie wirklich gedehnt, gedrillt, zusammengedrückt und gebogen in den Versuchen, welche ich eben beschrieben habe, aber nicht so viel, daß es uns sichtbar geworden wäre. Wie viel ich die Stange dehne, drille, zusammendrücke oder biege, hängt davon ab, wie viel Kraft ich anwende, und in der Physik suchen wir den Zusammenhang zwischen der Kraft, welche wir anwenden, und den Wirkungen, die wir hervorbringen, zu erkennen. Ich kann hier nicht Alles über diesen Gegenstand sagen, weil es sehr viel Zeit in Anspruch nehmen würde, aber wir wollen einen Vorgang nehmen, z. B. das Biegen, und zu erkennen suchen, in welcher Weise bei diesem die Wirkung von der Kraft, welche wir anwenden, abhängt.

15. Das Biegen.

Versuch 9. — Zu diesem Zwecke stützen wir einen hölzernen Balken in wagerechter Lage an beiden Enden, hängen ein ziemlich schweres Gewicht an die Mitte desselben

und messen auf einem Maßstabe, wie viel der Mittelpunkt durch das Gewicht niedergebogen ist. Jetzt verdoppeln wir das Gewicht, welches am Mittelpunkt hängt und bezeichnen die neue Stellung des Mittelpunktes des Balkens unter dem vermehrten Gewicht, dann finden wir, daß der Mittelpunkt des Balkens ungefähr doppelt so weit durch das doppelte, wie durch das einfache Gewicht niedergedrückt ist, oder daß die Biegung nahezu proportional ist dem angewandten Gewicht.


Fig. 6.

Versuch 10. — Wir wollen jetzt denselben Holzbalken mit der schmalen Seite nach oben oder, wie man sagt, auf die hohe Kante legen und dieselbe Kraft wie vorher anwenden. Dann finden wir, daß der Balken lange nicht so stark gebogen wird, wie vorher.

16. Die Stärke der Materialien.

Wenn ein Baumeister oder Ingenieur bei der Errichtung eines Gebäudes große hölzerne Balken verwendet, wird es daher augenscheinlich am vortheilhaftesten für ihre Stärke sein, wenn er sie so legt, daß sie eine möglichst große Tiefe bekommen, denn in einer solchen Lage werden sie viel weniger unter einem schweren Gewicht nachgeben.

Ein Baumeister oder Ingenieur muß darum genau Bescheid wissen über die Stärke der Materialien und über die Art und Weise, wie er sie legen muß, um möglichst viel Festigkeit durch möglichst wenig Material zu erzielen; überhaupt muß er wissen, wie er sein Holz oder Eisen am vortheilhaftesten verwenden kann.

Außerdem muß ein Baumeister oder Ingenieur wohl Acht geben, daß sein Haus oder seine Brücke eine Last tragen können, welche fünf oder sechs mal schwerer ist, als die schwerste, welche je auf dieselben gebracht wird. Denn ein Gebäude kann zuweilen wohl stark genug sein, um einem schweren Gewicht auf dem Fußboden, oder eine Brücke kann stark genug sein, der Ueberfahrt eines langen Zuges Stand zu halten, ohne gerade einzubrechen, und doch kann dabei der Fußboden in dem Gebäude so sehr gebogen werden, daß er sich nicht ganz wieder erholt, wenn das Gewicht fortgenommen ist, oder die Brücke kann so sehr gebogen werden, daß sie sich nicht ganz wieder erholt, wenn der Zug vorüber ist. In einem solchen Falle wird der Fußboden jedesmal, wenn das Gewicht darauf gesetzt wird, oder die Brücke jedesmal, wenn der Zug darüberfährt, weniger stark; sie werden nämlich mehr und mehr durchgebogen, bis sie zuletzt einbrechen. Der Baumeister oder Ingenieur muß daher wohl dafür sorgen, daß sein Bau nie über die Grenze vollständiger Wiederherstellung hinaus gebogen wird.

17. Die Reibung.

Ehe wir die festen Körper verlassen, wollen wir einiges über die Reibung sagen. Wenn ich ein sehr schweres Gewicht auf den Tisch setze, so brauche ich eine sehr große Kraft, um es fortzubewegen. Wenn aber der Tisch von Marmor ist und nicht von Holz, so reicht eine viel geringere Kraft aus, das Gewicht fortzuschieben, und wenn das Gewicht auf einer Eisfläche liegt, kann es durch eine noch geringere Kraft fortbewegt werden. Die Kraft nun, welche es mir so schwer macht, ein schweres Gewicht fortzuschieben, heißt die Kraft der Reibung.

Es würde uns beinahe ebenso schlecht gehen ohne Reibung, wie ohne die anderen Kräfte; denn, wenn es keine Reibung gäbe, würden wir immer wie auf Eis gehen, und wo die geringste Senkung wäre, würde nichts stehen können, sondern alles würde hinuntergleiten.

Die Eigenschaften der Flüssigkeiten.

18. Ihr Rauminhalt ist unveränderlich.

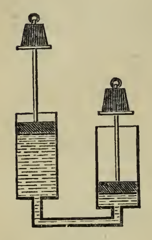
Wir können die Theilchen einer Flüssigkeit, wie Wasser, sehr leicht hin und her bewegen, aber auf keine Weise den Rauminhalt einer Wassermasse verkleinern, also z. B. ein Liter Wasser dazu bringen, daß es sich mit einer halben Literflasche begnügt.

Versuch 11. — Wir wollen aber versuchen, dies zu machen und sehen, welche Wirkung wir erhalten, denn wir müssen immer einen Versuch machen, wenn wir können. Wir bringen Wasser in ein Gefäß, welches an einer Seite durch einen wasserdichten Kolben oder Stempel verschlossen ist. Nun wollen wir versuchen, diesen Kolben hinunterzutreiben, um das Wasser in ein kleineres Volumen zu zwängen, und dazu ein großes Gewicht auf den Kolben legen. Aber es gelingt uns dadurch nicht, das Wasser zusammenzupressen.

19. Sie pflanzen den Druck fort.

Versuch 12. — Wir wollen nun eine Quantität Wasser nehmen, die zwischen zwei Stempel oder Kolben eingeschlossen ist. Wenn wir den einen Kolben hinunterdrücken,

so veranlassen wir den anderen, hinaufzusteigen. Lege ich nun ein 10Pfundgewicht auf den einen Kolben und ein gleiches auf den anderen, so hält der eine dem anderen vollkommen das Gleichgewicht und keiner wird bewegt.


Fig. 7.

Versuch 13. — Im letzten Versuch waren beide Kolben senkrecht, wie in Fig. 7; jetzt möge der eine senkrecht, der andere wagerecht sein, und wir wollen auf den wagerechten Kolben ein 10-Pfundgewicht wirken lassen. Bringen wir jetzt am senkrechten Kolben auch ein 10Pfundgewicht an, so halten wir den am wagerechten Kolben angebrachten 10 Pfunden gerade das Gleichgewicht. Bringen wir aber 12 Pfund an dem senkrechten Kolben an, so treiben wir den wagerechten fort, und in derselben Weise treiben wir den senkrechten in die Höhe, wenn wir 12 Pfund an dem wagerechten anbringen. So können wir durch Wasser den nach unten gerichteten Druck von 10 Pfund auf einen senkrechten Kolben in einen gleichen nur wagerechten und nach außen gerichteten Druck auf den anderen Kolben verwandeln. Und so sehen wir, daß eine Flüssigkeit, wie Wasser, einen Druck nach allen Richtungen hin fortpflanzt. Diese Thatsache wurde von Pascal entdeckt.

Versuch 14. — In diesem Versuch haben wir zwei senkrechte Kolben, aber die Oberfläche des einen ist doppelt so groß, als die des anderen. Legen wir nun 10 Pfund auf den kleineren Kolben, so halten ihnen 10 Pfund auf dem größeren nicht mehr das Gleichgewicht, sondern wir müssen 20 Pfund auf den großen legen, um die 10 Pfund auf dem kleinen im Gleichgewicht zu halten. Ebenso finden wir,

wenn der große Kolben die dreifache Oberfläche des kleinen hat, daß 10 Pfund auf dem kleinen 30 Pfunden auf dem großen das Gleichgewicht halten. Also nicht nur theilt ein nach unten gerichteter Druck auf den einen Kolben dem anderen einen nach oben gerichteten Druck mit, sondern der ganze Druck nach oben ist proportional zu der Oberfläche des Kolbens, so daß, wenn der eine Kolben dreimal die Oberfläche des anderen hat, er mit einem dreimal so starken Druck nach oben getrieben wird, u. s. w.

20. Die hydraulische Presse.

Diese Eigenschaft des Wassers ist sehr werthvoll; man hat sie benutzt zur Verfertigung einer sehr starken Maschine, welche „hydraulische Presse" oder, nach dem Namen ihres Erfinders, „Bramah=Presse" heißt. Wir haben hier eine Abbildung derselben. Auf dieser sehen wir ein paar Wollenballen, welche wir gern so viel wie möglich zusammen=

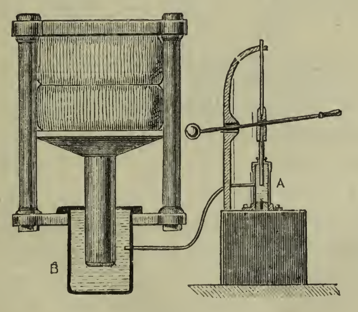


Fig. 8.

pressen möchten, damit sie recht wenig Platz einnehmen, wenn sie von einem Land oder Ort nach einem andern ge=

bracht werden sollen. Ferner sehen wir zwei Kolben, einen großen und einen kleinen, und die Oberfläche des großen ist hundertmal so groß als die des kleinen. Wenn ich nun eine Tonne auf den kleinen Kolben lege, muß ich ein viel größeres Gewicht auf den großen legen, um ihn niederzuhalten, denn der große hat hundertmal die Oberfläche des kleinen. Ich muß 100 Tonnen auf den großen Kolben legen, um der einen Tonne auf dem kleinen das Gleichgewicht zu halten, so daß dieser große Kolben dann durch die ungeheuere Kraft von 100 Tonnen aufwärts bewegt wird und mit dieser Kraft gegen die Wollenballen preßt, welche dadurch sehr fest zusammengedrückt werden. Natürlich ist es bei einer derartigen Maschine nöthig, daß jeder Theil derselben sehr stark und dicht ist, sonst würde das Wasser mit ungeheuerer Kraft durch einen Riß oder einen schwachen Theil herausstürzen.

21. Flüssigkeiten suchen sich immer eine horizontale Oberfläche.

Die nächste Eigenschaft der Flüssigkeiten ist, daß sie immer eine horizontale Oberfläche annehmen. Es ist klar, daß diese Oberfläche nicht schief sein kann, denn die höheren Theile würden, da sie durch keine Reibung gehindert werden, zu den tieferen hinuntergleiten. Ein Geometer würde uns sagen, daß, wenn wir ein Bleiloth über eine Wasserfläche hängen, dasselbe senkrecht über der Oberfläche ist; d. h. es hängt nicht in irgend einer Richtung schief gegen die Fläche, sondern gerade über derselben; das können wir durch einen sehr einfachen Versuch zeigen.

Versuch 15. — Ich nehme alles Quecksilber aus der Flasche und gieße es in ein flaches Gefäß; dann lasse ich

es den ganzen Boden des Gefäßes bedecken dadurch, daß ich das Gefäß wagerecht stelle. Nun hänge ich ein Loth über das Gefäß, und wir sehen, daß das Spiegelbild des Lothes und das Loth selbst dieselbe Richtung haben. Hieraus aber geht hervor, daß das Loth nicht schief zur Oberfläche steht; denn in solchem Falle würden das Spiegelbild und das Loth selbst nicht eine Linie bilden, sondern sie würden als zwei Linien erscheinen, die gegen einander geneigt sind.

Versuch 16. — Selbst wenn die Flüssigkeit in gebogenen Röhren enthalten ist, steht sie in der linken Röhre immer auf derselben Höhe, wie in der rechten, und das ist der Fall, welche Gestalt die Röhre auch immer haben mag.

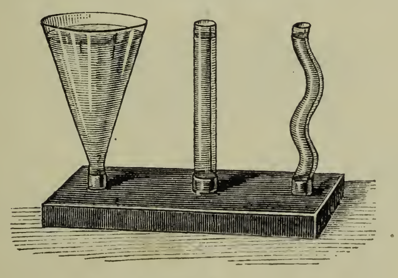


Fig. 9.

Ich brauche nur einige dieser sonderbar geformten Röhren mit Wasser zu füllen, um dieses zu beweisen. Das Wasser steht in allen Röhren auf derselben Höhe (demselben Niveau).

22. Die Wasserwage.

Dies veranlaßt mich, von der Wasserwage zu sprechen, welche wir auf der Abbildung sehen. Wenn ich mein Auge

in eine Linie mit der Oberfläche des Wassers in den beiden Schenkeln des Rohres bringe, weiß ich, daß ich längs einer horizontalen Linie sehe, und daß alle Punkte, welche ich längs dieser Linie sehe, genau dasselbe Niveau haben, so daß, wenn eine Fluth käme, sie dieselben alle genau in demselben Augenblick erreichen würde.

Es ist oft sehr wichtig zu wissen, welche Punkte auf demselben Niveau liegen; ein Mann, welcher einen Kanal oder eine Eisenbahn anlegt, muß das wissen und dazu irgend eine Art solcher Wage benutzen, wie ich sie eben beschrieben habe. Die Art, welche am meisten angewandt wird, heißt

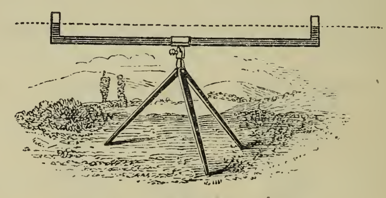


Fig. 10.

die Spritwage; die, welche ich beschrieben habe, die Wasserwage.

23. Druck des Wassers in der Tiefe.

Wir wollen jetzt ein ziemlich tiefes mit Wasser gefülltes Gefäß nehmen. Offenbar drückt auf die Wasserschichten nahe am Boden das Gewicht all des Wassers über ihnen, so daß der Druck auf eine Schicht um so größer sein muß, je tiefer sie unter der Oberfläche liegt. Auf die Schicht, welche zwei Fuß unter der Oberfläche liegt, drückt zweimal so viel Wasser, als auf die, welche nur einen Fuß unter der=

selben liegt; mit anderen Worten, der Druck ist proportional zu der Tiefe.

Versuch 17. — Dieser Druck wirkt nach allen Richtungen hin, ebensowohl aufwärts, wie seitwärts und abwärts. Um dies zu zeigen, fülle ich ein Gefäß fast ganz mit Wasser und ziehe einen Pfropfen aus der Seite, nahe an der Oberfläche. Dann wird das Wasser durch den Druck auf dasselbe hinausgetrieben, aber nicht sehr heftig; jetzt ziehe ich aber einen Pfropfen nahe am Boden heraus, und nun sehen wir, daß in Folge des großen Gewichtes des darüberliegenden Wassers der Druck viel größer ist und das Wasser mit großer Gewalt herausstürzt. So viel von dem Druck nach der Seite. Ich will nun versuchen, zu zeigen, daß es auch einen Druck nach oben gibt. Dazu nehme ich einen sogenannten Cylinder, d. h. ein weites Glasrohr ohne Deckel und Boden. Hier habe ich aber einen besonderen genau passenden Boden, den ich darunter lege; ferner habe ich eine Schnur, welche durch den Cylinder geht und mit welcher ich den losen Boden fest an den untern Rand des Cylinders halten kann. Während ich ihn nun mit der Schnur daran halte, will ich den Cylinder unter die Oberfläche des Wassers in dem Gefäß tauchen; jetzt kann ich die Schnur loslassen und der Boden fällt doch nicht ab, weil er durch den gegen ihn ausgeübten aufwärts gerichteten Druck des Wassers gehalten wird. Ich will nun Wasser, welches mit Indigo blau gefärbt ist, in den Cylinder gießen; dennoch wird der Boden gehal-

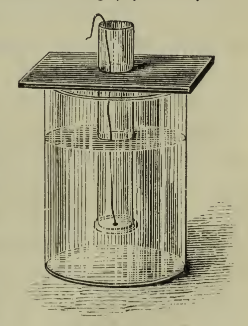


Fig. 11

ten und fällt erst ab, wenn das Wasser innerhalb des Cylinders beinahe die Höhe des Wassers außerhalb erreicht hat, weil dann der aufwärts gerichtete Druck gegen die Außenseite des losen Bodens aufgewogen wird durch einen gleichen abwärts gerichteten Druck des gefärbten Wassers gegen die Innenseite des Bodens.

Wenn man in einem Boot auf tiefem Wasser fährt, so kann man sich leicht von dem großen Druck des Wassers in großer Tiefe überzeugen. Man füllt dazu eine gewöhnliche Weinflasche $^3/_4$ mit Wasser, verkorkt sie fest und läßt sie an einer langen Schnur in das tiefe Wasser hinunter. Läßt man sie weit genug hinunter, so wird der Druck des Wassers außerhalb so stark, daß er den Kork in die Flasche treibt, und wenn man sie dann wieder heraufzieht, so findet man, daß die Flasche voll Wasser ist und der Kork darin liegt.

24. Der Auftrieb des Wassers.

Wir wollen nun versuchen, uns eine recht klare Vorstellung von dem Auftrieb zu verschaffen und dazu ein paar Versuche machen.

Versuch 18. — Wir nehmen unsere Wage, von der wir vorhin (Seite 14) gesprochen haben und machen sie zum Wägen zurecht. Hier haben wir eine Substanz, welche 100 Gramm wiegt, wenn wir sie in der Luft wägen. Wir wollen jetzt die Substanz an die rechte Schale der Wage hängen und im Wasser wägen. Was ist die Folge? Wir finden, daß sie jetzt überhaupt gar kein Gewicht zu haben scheint, und ich muß auf die rechte Schale 100 Gramm oder das ganze Gewicht der Substanz legen, um diese Schale an Gewicht mit der anderen Schale gleich zu machen.

Versuch 19. — Haben wir uns nun vorzustellen, daß diese Substanz im Wasser ihr Gewicht ganz und gar verliert? Wir wollen durch ein Experiment versuchen, ob dies der Fall ist oder nicht. Zuerst stelle ich ein mit Wasser gefülltes Gefäß auf die eine Schale der Wage und bringe es in's Gleichgewicht, indem ich Gewichtsstücke in die andere Schale lege. Dann lasse ich die Substanz, welche 100 Gramm wiegt, in das Wasser fallen. Was erfolgt? Die Schale mit dem Wasser, in welchem die Substanz liegt, ist jetzt viel zu schwer und ich muß 100 Gramm in die andere legen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Das ist aber gerade das Gewicht der Substanz, also sehen wir, daß sie nicht wirklich ihr Gewicht verliert. Das Gewicht ist noch vorhanden, d. h. das Gefäß mit der Substanz ist 100 Gramm schwerer, als ohne dieselbe, aber dieser selbst ist scheinbar das Gewicht genommen durch den Auftrieb des Wassers, welcher wie ein Druck nach oben wirkt.

Versuch 20. — Hier haben wir einen messingenen Cylinder (Fig. 12), welcher genau in diese hohle Röhre paßt. Wir wollen ihn herausnehmen und ihn sowohl wie die Röhre an den Haken befestigen, welcher sich unten an der rechten Wagschale befindet, und dann in die andere Schale Gewichte legen, so daß Gleichgewicht vorhanden ist. Wir wollen jetzt den Cylinder nicht in der Luft, sondern im Wasser wägen, indem wir ein Gefäß mit Wasser unter die rechte Wagschale stellen, so daß der Cylinder ganz in das Wasser eingetaucht ist. Die rechte Wagschale ist nun zu leicht. Der messingne Cylinder hat nämlich dadurch, daß er im Wasser gewogen wurde, einen Theil seines Gewichts, wenn auch nicht das ganze, verloren. Um zu sehen, wie viel Gewicht er verloren hat, gießen wir Wasser in die leere Röhre, welche unter der Schale hängt. Nun haben

wir sie ganz mit Wasser gefüllt und zu gleicher Zeit das Gewicht wieder ersetzt, welches der messingne Cylinder durch das Wägen im Wasser verloren hatte, denn wir sehen, daß die beiden Schalen sich wieder das Gleichgewicht halten. Der messingne Cylinder paßte aber genau in die Röhre, so daß die Masse des zugegossenen Wassers (d. h. eine Röhre voll), welches den Verlust an Gewicht wieder einbrachte,

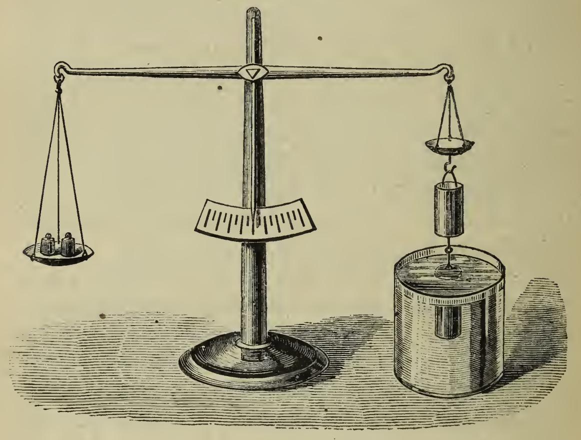


Fig. 12.

genau dem Rauminhalt des Cylinders gleichkommt. Hieraus entnehmen wir, daß der Messingcylinder, als er im Wasser gewogen wurde, einen scheinbaren Gewichtsverlust erlitt gleich dem Gewichte des Wassers, welches er verdrängte. Wir können dies auf jeden anderen Gegenstand ausdehnen und sagen: ein Gegenstand, welcher im Wasser gewogen wird, erleidet einen Gewichts-

verlust, der genau dem Gewichte einer Wassermasse von dem Rauminhalt des Gegenstandes gleich ist.

25. Das Schwimmen.

Sehen wir nun zu, was daraus folgt. Wenn man eine Substanz in Wasser eintaucht und ein Raumtheil derselben schwerer ist, als ein gleicher Raumtheil Wasser, wie z. B. in dem Fall des Cylinders, so erleidet dieselbe einen Gewichtsverlust, der ebenso groß ist, als das Gewicht ihres eigenen Rauminhalts an Wasser; aber sie scheint nicht ihr ganzes Gewicht zu verlieren, da sie Raumtheil für Raumtheil schwerer als Wasser ist, und sie fällt daher auf den Boden, weil sie noch Gewicht hat.

Versuch 21. — Wenn aber der Körper Raumtheil für Raumtheil dasselbe Gewicht wie Wasser hat, so verliert er im Wasser sein ganzes Gewicht und sinkt nicht unter. Wenn ich einen solchen Körper in's Wasser tauche, sinkt er weder unter, noch schwimmt er obenauf, sondern er bewegt sich überall hin, gerade als ob er gar kein Gewicht hätte.

Was erfolgt aber, wenn der Körper Raumtheil für Raumtheil leichter ist als Wasser? Wie kann er mehr als sein eigenes Gewicht verlieren? können wir fragen. Was in einem solchen Fall geschieht, wollen wir durch einen Versuch erläutern.

Versuch 22. — Ich habe hier ein Stück Holz, welches Raumtheil für Raumtheil leichter ist als Wasser, und drücke es unter die Oberfläche des Wassers; aber ich finde, daß der Druck nach oben, der durch den Auftrieb des Wassers verursacht wird, größer ist als das Gewicht des Körpers, so daß derselbe in die Höhe getrieben wird und auf

der Oberfläche schwimmt. Als das Ergebniß aller dieser Versuche können wir schließen: Erstens, daß jeder in's Wasser getauchte Körper soviel leichter zu werden scheint, als das Gewicht seines eigenen Volums oder Rauminhalts an Wasser beträgt; zweitens, daß in Folge hiervon der Körper untersinkt, wenn er Raumtheil für Raumtheil schwerer ist als Wasser; daß er weder untersinkt noch obenauf schwimmt, wenn er Raumtheil für Raumtheil dasselbe Gewicht wie Wasser hat; daß er endlich obenauf schwimmt, wenn er Raumtheil für Raumtheil leichter als Wasser ist.

26. Das specifische Gewicht.

Diese Thatsachen liefern uns nun eine Methode, durch welche wir ermitteln können, wie viel ein Körper Raumtheil für Raumtheil schwerer als Wasser ist.

Versuch 23. — Angenommen, wir hätten ein kleines Stück Gold, welches in der Luft gerade 19 Decigramm wiegt, das ist sein Gewicht. Würden wir es jetzt im Wasser wägen, so würden wir finden, daß es nur noch 18 Decigramm wiegt, und daraus schließen, daß es soviel wie 1 Decigramm an Gewicht verloren hat. Dieser Verlust ist gleich dem Gewicht seines eigenen Volumens an Wasser, und dieses Gewicht beträgt also 1 Decigramm. Das Gold selbst wiegt 19 Decigramm, also wiegt es 19mal so viel wie sein eigenes Volumen an Wasser. Dies wollen wir nun ausdrücken, wenn wir sagen, daß das specifische Gewicht des Goldes 19 ist. Welches auch die Größe oder Form des Goldstückes, welches wir anwenden, sein mag, wir finden immer dasselbe Ergebniß. Wenn uns aber andererseits Jemand etwas in die Hand gäbe, das nicht wirklich Gold, sondern nur ihm ähnlich wäre, so würden wir sicher finden, wenn

wir das Ding im Wasser wägten, daß es nicht 19 Mal schwerer als sein eigenes Volumen an Wasser wäre. Diese Methode, das specifische Gewicht oder die relative Dichtigkeit der Körper zu finden, wurde vor mehr als 2000 Jahren von einem Gelehrten mit Namen Archimedes entdeckt. Hiero, der König von Syracus, hatte eine goldene Krone und hatte Ursache zu glauben, daß der Goldschmied das Gold mit Silber vermischt habe, aber er konnte kein Mittel ersinnen, um dieses zu beweisen. Da wandte er sich in seiner Noth an Archimedes. Diesem fiel die richtige Art, es herauszufinden, ein, als er eines Tages ausgegangen war, um ein Bad zu nehmen, und man erzählt, daß er sofort ganz nackt aus dem Bade gelaufen sei und gerufen habe: « Heureka! Heureka! » was bedeutet: „Ich hab's heraus! Ich hab's heraus!" Dann ging er nach Hause und nahm ein Stück Gold, von dem er wußte, daß es rein war, wog es im Wasser und fand, daß es 1/19 seines ganzen Gewichts verlor, woraus er schloß, wie wir es gethan haben, daß reines Gold Raumtheil für Raumtheil 19 Mal so schwer ist als Wasser. Hernach nahm er Hiero's Krone, aber er fand, als er sie im Wasser wog, daß sie mehr als 1/19 ihres ganzen Gewichts verlor, woraus er schloß, daß sie nicht aus reinem Gold gemacht sei; und sicherlich ist der Goldschmied für seinen Diebstahl gehörig bestraft worden.

27. Der Auftrieb anderer Flüssigkeiten.

Außer Wasser haben auch andere Flüssigkeiten Auftrieb, und zwar hat jede Flüssigkeit einen besonderen ihr eigenen Auftrieb. Eine sehr leichte Flüssigkeit, wie Alkohol oder Aether, hat verhältnißmäßig wenig, eine sehr schwere Flüssigkeit, wie Quecksilber, hingegen sehr viel Auftrieb. Um uns hiervon zu überzeugen, brauchen wir nur etwas Quecksilber in ein

Gefäß zu gießen und auf seine Oberfläche ein Stück Eisen zu legen; wir sehen, daß das Eisen schwimmt, ein Beweis, daß es Raumtheil für Raumtheil leichter als Quecksilber ist. Gold hingegen ist schwerer als Quecksilber; nämlich Quecksilber ist Raumtheil für Raumtheil 13 1/2 Mal so schwer als Wasser, und Gold ist, wie wir gelernt haben, Raumtheil für Raumtheil 19 Mal so schwer.

Salzwasser ist etwas schwerer als süßes, und in Palästina ist ein Binnensee, genannt das „Todte Meer", so salzig und in Folge dessen so schwer, daß ein Mensch darin nicht untersinken kann.

28. Die Capillarität.

Ehe wir die Flüssigkeiten verlassen, will ich noch einen ganz bekannten Fall erwähnen, in welchem Wasser über sein Niveau steigt.

Versuch 24. — Wenn wir ein Stück Zucker über die Wasserfläche in einem Gefäß halten, so daß sein unteres Ende die Oberfläche berührt, so wird bald das ganze Stück naß sein. Wenn wir in gleicher Weise einen Streifen Löschpapier oder einen Baumwollendocht in's Wasser tauchen, so können wir dieses hierdurch über sein Niveau erheben.

Wenn wir aber mit dem unteren Ende des Zuckers oder des Löschpapierstreifens eine Quecksilberfläche berühren, so steigt das Quecksilber nicht auf in den Zucker oder das Löschpapier. Diese beiden Flüssigkeiten, Wasser und Quecksilber, verhalten sich also verschieden gegen das Stück Zucker oder den Streifen Löschpapier. Einerseits sehen wir, daß das Wasser in dieselben steigt und nicht nur hineinsteigt, sondern auch in ihnen bleibt, andererseits, daß das Quecksilber nicht hineinsteigt und sie nicht benetzt. Quecksilber wird nämlich von Zucker nicht hinreichend angezogen, um

hineinzusteigen; nichtsdestoweniger kann es dahin gebracht werden, an einer Silber- oder Goldfläche zu haften, weil es eine sehr starke Anziehung von diesen Metallen erleidet.

Die Eigenschaften der Gase.

---

29. Der Luftdruck.

Die Gase haben in manchen Punkten Aehnlichkeit mit den Flüssigkeiten, aber in anderer Hinsicht sind beide sehr verschieden. Eine Flüssigkeit hat eine freie Oberfläche, so daß man eine Flasche halb mit einer Flüssigkeit füllen und diese gegen die Seitenwände der Flasche schütteln kann; das kann man aber nicht mit einem Gase thun. Hier z. B. habe ich eine Blase, welche Gas enthält, aber das Gas füllt die ganze Blase aus, und nicht nur einen Theil derselben. Ein Gas hat nämlich ein starkes Bestreben, jeden leeren Raum, der noch nicht ausgefüllt ist, auszufüllen und äußert dieses Bestreben in sehr kräftiger Weise.

Versuch 25. — Das läßt sich durch einen sehr einfachen Versuch leicht beweisen. Ich habe hier eine Luftpumpe, die ich später erklären will; vorläufig sei gesagt, daß wir vermittels dieser Luftpumpe aus dieser Glasglocke die darin enthaltene atmosphärische Luft entfernen können. Ich habe hier einen mit Luft gefüllten Caoutschukballon, den ich unter die Glasglocke lege. Jetzt will ich die Glasglocke auspumpen, d. h. die Luft herausziehen. Was ist die Folge? In dem Caoutschukballon ist Luft, rund um denselben aber keine, in Folge dessen sucht die Luft in dem Ballon den leeren Raum auszufüllen, aber sie kann es nur dadurch, daß sie den Ballon vergrößert, und wir sehen, daß

der Ballon immer größer wird, je länger ich das Auspumpen fortsetze. Jetzt lasse ich die Luft wieder ein, und der Ballon nimmt seine frühere Größe wieder an.

Versuch 26. — Wir können den Versuch in folgender Weise verändern. Ich stelle auf den Teller der Luftpumpe ein Gefäß, dessen obere Oeffnung mit einem Stück



Fig. 13.

Caoutschuk bedeckt ist, das fest um den Rand gebunden ist. Ich pumpe nun, wie vorher, die Glocke aus und finde, daß, während ich die Luft aus dem Innern der Glocke herausziehe, die äußere Luft in den leeren Raum einzudringen sucht und dadurch die Caoutschukplatte niederdrückt, so daß vielleicht vor Beendigung des Versuches der Druck groß genug wird, um den Caoutschuk zu zersprengen.



Fig. 14.

30. Das Gewicht der Luft.

Wir sehen also, daß Luft, wenn sie irgend kann, in jeden leeren Raum eindringt, und aus diesem Grunde ist es sehr schwer, alle Luft aus einem Gefäß herauszuschaffen. Wir können aber den größten Theil der Luft aus einem Gefäße entfernen. Auf Fig. 14 z. B. ist ein Gefäß, welches wir an der Luftpumpe befestigen und dem wir hierdurch die Luft entziehen können. Thun wir dies, so finden wir, daß das Gefäß voll Luft schwerer wiegt als das leere Gefäß, oder mit anderen Worten, daß Luft Gewicht hat.

Versuch 27. — Wir wollen jetzt ein offenes Gefäß mit dem Boden nach unten an einen Arm der Wage hängen und sein Gewicht bestimmen. Dies, können wir sagen, ist das Gewicht des mit atmosphärischer Luft gefüllten Gefäßes.

Versuch 28. — Während dieses leichte Gefäß im Gleichgewicht hängt, wollen wir es durch Verdrängung (siehe Anhang) mit einem schweren Gas, welches Kohlensäure heißt, füllen; die Zubereitung desselben ist in der Chemie gelehrt worden. Wir sehen, daß der Zeiger sich verschiebt und zwar anzeigt, daß das Gefäß jetzt schwerer wiegt, als da es mit gewöhnlicher Luft gefüllt war; also sind einige Gase schwerer als andere.

Versuch 29. — Der Wasserstoff ist das leichteste aller Gase; befestigen wir das Gefäß mit dem Boden nach oben an der Wage und füllen es, nachdem es in's Gleichgewicht gesetzt worden, durch Verdrängung (siehe Anhang) mit Wasserstoff, dessen Zubereitung wir aus der Chemie kennen. Jetzt wird der Zeiger nach der entgegengesetzten Richtung verschoben, woraus wir sehen, daß das Gefäß leichter wiegt, als da es mit Luft gefüllt war, wenn auch nicht so leicht, als wenn nichts darin wäre. Obgleich also die Theilchen der Gase sich gegenseitig abstoßen, indem sie ja suchen, sich so weit wie möglich von einander zu entfernen und immer das ganze Gefäß, welches sie enthält, ausfüllen, so werden sie doch von der Erde angezogen und haben Gewicht; daher ist auch keine Gefahr vorhanden, daß unsere Atmosphäre die Erde verließe. Im Gegentheil haftet die Atmosphäre an der Erde wie eine Art Meer, und auf dem Grunde dieses Luftmeeres leben und bewegen wir uns Alle. Was nun Druck und Gewicht betrifft, so ist ein Luftmeer einem Wassermeer sehr ähnlich, und, wie wir schon

gelernt haben (Seite 28), hängt der Wasserdruck gegen den Boden eines Gefäßes von der Tiefe des Wassers ab, so daß bei großer Tiefe der Druck groß ist, und außerdem wird dieser Druck nach allen Richtungen hin ausgeübt.

Wenn wir nun hören, daß wir einen großen Luftdruck auf uns haben, fragen wir natürlich: Wie kommt es denn, daß wir diesen Druck nicht fühlen? Wir antworten: Einfach daher, daß der Druck nach allen Richtungen hin ausgeübt wird, aufwärts, abwärts und seitwärts. Nehmen wir einen Bogen Papier: der Luftdruck wirkt nicht nur auf die obere Seite des Bogens und drückt ihn nieder, sondern gerade so stark auf die untere Seite des Bogens und drückt

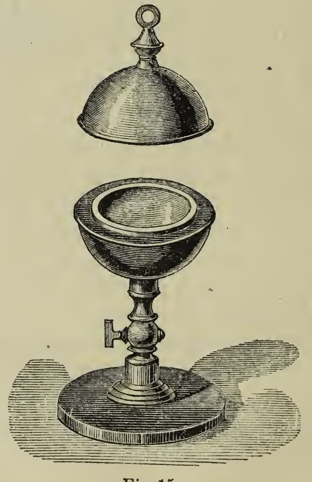


Fig. 15.

ihn hinauf, und in Folge dessen kann sich der Bogen Papier gerade so frei umherbewegen, wie wenn überhaupt

kein Druck des atmosphärischen Meeres auf ihm läge. Aus demselben Grunde können wir selbst frei umherwandeln und fühlen den Druck nicht. Wir können indeß durch einen einfachen Versuch den Luftdruck sehr merklich machen.

Versuch 30. — Hier sind zwei hohle Halbkugeln, die genau auf einander passen. Wir wollen sie auf einander drücken und den Hahn schließen. Nun könnte Jemand fragen: Warum hält der Luftdruck sie nicht fest zusammen? Der Grund davon ist, daß sich auch Luft in denselben befindet, und diese Luft gerade so stark nach außen drückt, wie die Luft außerhalb derselben nach innen drückt. Wir wollen aber nun diese beiden Halbkugeln an die Luftpumpe ansetzen und die Luft auspumpen; wenn dies geschehen, wollen wir den Hahn schließen und sie von der Pumpe abnehmen. Jetzt finden wir, daß es sehr schwer ist, die beiden Halbkugeln aus einander zu reißen, weil die äußere Luft sie zusammendrückt und keine innere Luft diesem Druck entgegenwirkt; in Folge dessen werden sie fest zusammengehalten.

Da Luft nun eine Flüssigkeit ist und Gewicht hat, so hat sie auch einen gewissen Auftrieb, wenn auch lange nicht so viel als Wasser. Wenn also ein großer Beutel mit Leuchtgas oder, noch besser, mit Wasserstoff gefüllt ist, wird er Raumtheil für Raumtheil leichter sein als Luft und daher in derselben aufsteigen. Solch einen Beutel nennt man einen Ballon; wenn er groß genug ist, kann er auch ein kleines Schiff mit mehreren Menschen tragen.

31. Das Barometer.

Versuch 31. — Wir nehmen eine hohle Glasröhre, welche an dem einen Ende offen und an dem anderen verschlossen ist, füllen sie mit Quecksilber und tauchen sie, indem wir den Finger fest gegen das offene Ende halten

umgekehrt in ein Glasgefäß, welches auch Quecksilber enthält; wir müssen aber wohl Acht geben, daß wir den Finger nicht eher von dem offenen Ende wegziehen, als bis dasselbe unter der Oberfläche des Quecksilbers in dem Glasgefäße ist.

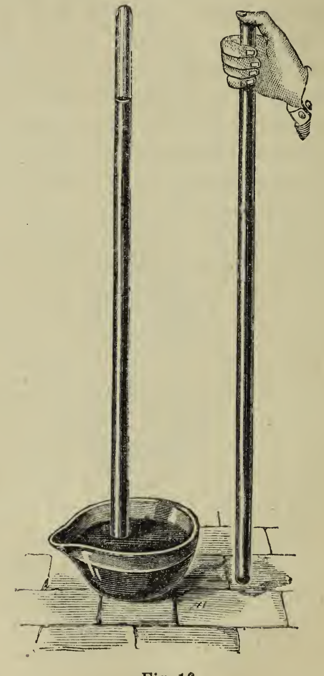


Fig. 16.

Hier sehen wir (Fig. 16) die so umgekehrte Röhre aufrecht in dem Gefäß mit Quecksilber stehen. Wir bemerken

dabei, daß an dem oberen Ende der aufrechten Röhre ein heller Raum geblieben ist und könnten daher auf den ersten Blick denken, wir hätten etwas Luft eingelassen; das ist aber nicht der Fall: es ist gar nichts in diesem hellen Raum. Warum treibt ferner die atmosphärische Luft, die ja nach allen Richtungen hin und daher auch auf die Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäße drückt, nicht das Quecksilber in die Höhe, so daß es den leeren Raum ausfüllt? Wir antworten: sie würde es thun, wenn sie könnte; sie drückt aufwärts gegen die Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäß mit einer Kraft, die hinreicht, um eine 76 Centimeter hohe Säule von schwerem Quecksilber in der Röhre zu halten; aber mehr kann sie nicht tragen. Das abwärts drückende Gewicht dieses Quecksilbers hält genau dem aufwärts drückenden Luftdruck das Gleichgewicht, daher kann einerseits die Quecksilbersäule sich nicht abwärts bewegen, andererseits aber der Luftdruck die Säule nicht in die Höhe treiben, daher haben wir einen leeren Raum über der Säule. Dieser Versuch wurde von einem Italiener Namens Torricelli erfunden; man nennt die Röhre ein Barometer und den leeren Raum am oberen Ende die Torricellische Leere. Die meisten Barometer sind mit einer Millimeterscale versehen, an welcher man die Höhe der Quecksilberkuppe in der Röhre über der Quecksilberoberfläche in dem Behälter genau messen kann.

32. Die Anwendungen des Barometers.

Das Barometer ist zu vielen Dingen brauchbar; z. B. können wir damit die Höhe eines Berges bestimmen. Wir haben schon gelernt (Seite 28), daß der Druck am Boden eines tiefen Wasserbehälters größer ist, als nahe an der Oberfläche; dasselbe ist nun der Fall bei unserem Luftmeer,

in dem wir leben, nämlich der Druck ist größer nahe am Grunde dieses Luftmeeres, als weiter oben in der Höhe. Wenn wir also auf den Gipfel eines Berges steigen, haben wir ein kleineres Luftgewicht über uns, als so lange wir unten waren, folglich ist der Luftdruck auf dem Gipfel des Berges kleiner als am Fuße desselben. Die Luft ist daselbst nicht im Stande, derselben Quecksilbersäule, wie am Fuße, das Gleichgewicht zu halten, so daß wir in dem Barometer statt einer Quecksilbersäule von 76 Centimetern nur eine von 60 oder gar 50 Centimetern haben, je nach der Höhe des Berges. Denn das Quecksilber in der Röhre des Barometers wird um so tiefer fallen, je höher wir in der Luft aufsteigen, und so können wir durch das Barometer bestimmen, bis zu welcher Höhe wir gekommen sind.

Das Barometer nützt uns auch dadurch, daß es uns anzeigt, wann schlechtes Wetter im Anzuge ist. Wenn das Barometer fällt, d. h. wenn die Kuppe der Quecksilbersäule in der Röhre herabsinkt, besonders wenn sie schnell fällt, haben wir schlechtes Wetter zu erwarten. Wenn hingegen das Quecksilber beständig an einer hohen Stelle steht, können wir fortdauernd gutes Wetter erwarten.

33. Die Luftpumpe.

Wir haben schon davon gesprochen, daß man die Luft aus einem Gefäße entfernen kann und daß dies durch die Luftpumpe geschieht. Wie diese Maschine arbeitet, sehen wir auf der Abbildung. Vor Allem müssen wir uns klar machen, was man unter einem Ventil versteht. Ein Ventil ist eine festschließende Fallthür, die ein Loch schließt und sich nur nach einer Seite, z. B. nach oben hin öffnet. Man sieht zuweilen in Fußböden Fallthüren, die sich nach oben öffnen. Auf der Abbildung befindet sich links eine mit Luft

gefüllte Glasglocke, die fest auf einen Teller paßt. Von der Mitte des Tellers geht eine Röhre aus, die sich in die links

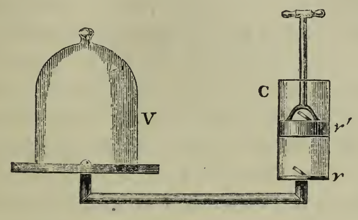


Fig. 17.

befindliche Glasglocke und in den rechts befindlichen Cylinder öffnet und so die beiden verbindet. Wir sehen auch einen Kolben oder Stempel, der sich in dem Cylinder auf- und niederbewegen läßt. Endlich sehen wir zwei Ventile oder kleine festschließende Fallthüren, von denen die eine da angebracht ist, wo die Röhre in den Boden des Cylinders eintritt, während die andere sich in dem Kolben selbst befindet. Beide Ventile öffnen sich nach oben und nicht nach unten.

Es möge nun zunächst der Kolben sich auf dem Boden des Cylinders befinden und die Ventile mögen geschlossen sein. Jetzt ziehen wir den Kolben in die Höhe; dadurch schaffen wir einen leeren Raum, den die Luft von allen Seiten, wenn irgend möglich, auszufüllen sucht (§ 29). Die Luft von oben sucht in den Raum einzudringen, aber sie kann es nicht, sondern kann nur gegen die Außenseite des oberen Ventils drücken und es fest verschlossen halten, weil das Ventil sich nicht nach unten öffnet. Der Luft aus der Glasglocke gelingt es besser: sie stürzt durch die Röhre, drückt das untere Ventil, das sich nach oben öffnet, auf

und gelangt in den leeren Raum. Nehmen wir nun an, wir hätten den Kolben bis an den oberen Rand des Cylinders gebracht, und fingen jetzt an, ihn hinunterzudrücken. Den Druck, welchen wir auf den Kolben ausüben, übt der Kolben auf die Luft aus, und die Luft ihrerseits theilt ihn dem unteren Ventil mit, und hält es dadurch verschlossen. Anders geht es dem oberen Ventil, denn die innere Luft drückt es auf. Wenn wir nun fortfahren, den Kolben niederzudrücken, so wird dadurch alle Luft, die unter demselben im Cylinder war, durch das obere Ventil oder die Fallthür ausgetrieben. Aber diese von uns ausgetriebene Luft war ein Theil von der Luft, die ursprünglich in der Glasglocke war, so daß es uns durch den ersten doppelten Kolbenhub oder das Auf- und Niederbewegen des Kolbens gelungen ist, einen Theil der Luft aus der Glocke auszutreiben. Wir wollen nun dasselbe Verfahren wiederholen, d. h. den Kolben wieder heben, dann wird die Luft von oben das obere Ventil wieder schließen, die Luft aus der Glasglocke wird die Röhre entlang strömen, das untere Ventil aufdrücken und den leeren Raum ausfüllen, welchen wir dadurch geschaffen haben, daß wir den Kolben hoben; und wenn nun der Kolben wieder abwärts bewegt wird, bleibt das untere Ventil geschlossen und die innere Luft drückt das obere Ventil auf und dringt heraus; so entfernen wir durch jeden doppelten Kolbenhub einen Theil der Luft aus der Glasglocke. Natürlich ist es für das Spiel der Pumpe unumgänglich nothwendig, daß der Kolben ganz genau in den Cylinder paßt; denn wenn das nicht der Fall wäre, würde die Luft von außen hineindringen, und es würde uns nicht gelingen, die Luft von innen herauszuschaffen. In der beschriebenen Weise arbeitet die Luftpumpe, aber nicht jede Luftpumpe sieht genau so aus wie die Abbildung.

Nichtsdestoweniger ist das **Princip** bei allen Luftpumpen dasselbe, so verschieden sie auch ihrem Aussehen nach sein mögen.

34. Die Wasserpumpe.

Nachdem wir über die Luftpumpe gesprochen haben, wollen wir einen Augenblick zum Barometer zurückkehren. Wir haben gesehen, daß der Luftdruck gerade stark genug ist, um eine 76 Centimeter hohe Quecksilbersäule zu tragen. Wasser ist aber Raumtheil für Raumtheil viel leichter als Quecksilber, daher können wir erwarten, daß der Luftdruck eine Wassersäule trägt, die viel höher als 76 Centimeter ist. Er trägt in der That eine über 10 Meter hohe Wassersäule. Hiernach werden wir im Stande sein, die Thätigkeit einer gewöhnlichen Pumpe zu begreifen. Die Figur auf der folgenden Seite gibt eine Skizze von dem Innern einer solchen Pumpe. Unten haben wir den Wasserbehälter, aus dem wir das Wasser heraufpumpen wollen, und eine Röhre, die aus diesem Behälter in den Stiefel der Pumpe hinaufführt. In diesem Stiefel sehen wir einen Kolben, der genau in den Stiefel paßt, und in dem Kolben ein Ventil, das sich nach oben öffnet, außerdem auf dem Boden des Stiefels ein anderes Ventil, das sich auch nach oben öffnet. Der Stiefel der Wasserpumpe ist demnach sehr ähnlich dem der Luftpumpe, und wir können auch hier wieder damit anfangen, daß der Kolben auf dem Boden des Stiefels liegt. Nun ziehen wir den Kolben in die Höhe, und gerade wie bei der Luftpumpe drückt die Luft von oben das obere Ventil zu und hält es verschlossen, die Luft aus der Röhre steigt durch das untere Ventil in die Höhe und füllt den leeren Raum aus, der durch das Emporziehen des Kolbens entstand. Wenn wir nun den Kolben wieder abwärts

bewegen, wird gerade wie bei der Luftpumpe das untere Ventil geschlossen, das Ventil in dem Kolben öffnet sich und läßt etwas Luft heraus. Wir pumpen nämlich jetzt die Luft aus dem Stiefel und der Röhre. Was aber thut indessen das Wasser in dem Behälter? Die Luft von außen drückt fortwährend auf die Oberfläche des Wassers in dem Behälter, da wir aber Luft aus der Röhre entfernt haben, wird diesem Druck der äußeren Luft nicht mehr das Gleichgewicht gehalten durch den Druck der Luft in der Röhre; die äußere Luft findet keinen Widerstand und treibt daher das Wasser hinauf in die Röhre, bis zuletzt, wenn alle Luft entfernt, die ganze Röhre mit Wasser gefüllt ist. Dieses Wasser tritt dann durch das untere Ventil in den Stiefel der Pumpe.

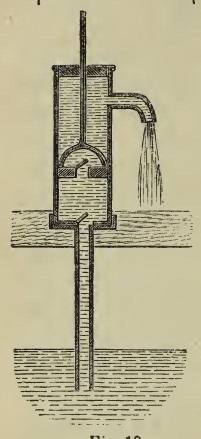


Fig. 18.

Es würde aber dieses Alles nicht stattfinden, wenn die Entfernung zwischen der Wasseroberfläche in dem Behälter und dem unteren Ventil mehr als etwa 10 Meter betrüge; denn, wie eben bemerkt, kann der Luftdruck nur eine 10 Meter hohe Wassersäule tragen und keine höhere. Beträgt daher die Entfernung zwischen der Oberfläche des Behälters und dem Stiefel der Pumpe mehr als 10 Meter, so tritt das Wasser nicht mehr in den Pumpenstiefel, und trotz aller Versuche gelingt es uns nicht, das Wasser ganz bis in den Stiefel heraufzuschaffen. Wenn aber die Entfernung nicht größer als etwa 7—8 Meter ist, so wird die Pumpe gut arbeiten, und wir können das

Wasser in den Stiefel bringen. Gesetzt nun, wir haben den Stiefel voll Wasser und drücken den Kolben wieder nieder, so wird der Druck, den wir dem Kolben gegeben, durch das Wasser dem unteren Ventile mitgetheilt, und dieses bleibt geschlossen. Ferner wird durch den Druck des Wassers das obere Ventil, welches sich nach oben öffnet, aufgedrückt und das Wasser tritt über den Kolben. Wenn wir daher denselben wieder heraufziehen, so ziehen wir das Wasser mit herauf und es entleert sich durch das Ausflußrohr. Bei jedem neuen Zug wird von nun an das Wasser aus dem Ausflußrohr fließen.

Versuch 32. — Um mit eigenen Augen sehen zu können, was in einer gewöhnlichen Pumpe vorgeht, muß man ein Modell nehmen, bei dem der Pumpenstiefel von Glas ist, so daß man hineinsehen kann. Dann sieht man, daß, wenn der Kolben heraufgezogen wird, das obere Ventil sich schließt und das untere sich öffnet, während, wenn derselbe hinuntergeht, das untere Ventil sich schließt und das obere sich öffnet. Es versteht sich von selbst, daß der Kolben fest in den Stiefel der Pumpe passen muß, sonst würde die Luft von oben hineindringen und die Wirkung verhindern. Wird eine Pumpe nicht viel gebraucht, so wird bisweilen das Leder oder die sonstige Bekleidung des Kolbens trocken und die Pumpe arbeitet nicht. Bringt man in diesem Fall etwas Wasser auf den Kolben, so wird dadurch die Bekleidung angefeuchtet und wieder dicht.

35. Der Heber.

Ehe wir diesen Gegenstand verlassen, will ich einen Apparat beschreiben, den man Heber nennt und dessen Wirkung, wie die der Pumpe, auf dem Luftdruck beruht; das Princip desselben werde ich aber nicht erklären. Wir sehen

den Heber auf der Abbildung vor uns; er wird dazu benutzt, Flüssigkeiten aus einem höher stehenden Gefäße in ein tieferes zu schaffen. Zuerst kehren wir die Röhre um und füllen sie ganz mit Wasser, wobei wir den Finger vor das Ende der kürzeren Röhre halten. Dann bringen wir das kürzere Ende unter die Oberfläche des Wassers in dem höheren Gefäße, wie die Abbildung zeigt, und ziehen den

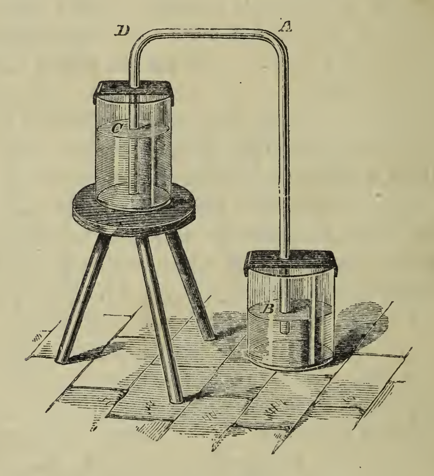


Fig. 19.

Finger fort. Sobald wir dieses gethan haben, wird das Wasser in einem beständigen Strome aus der Oeffnung der längeren Röhre in das untere Gefäß fließen, und wir können das Wasser ganz aus dem höheren Gefäße in das tiefere schaffen; vorausgesetzt, daß das kurze Rohr des Hebers lang genug ist, um auf den Boden des höheren Gefäßes zu reichen.

Bewegte Körper.

36. Energie.

Wir haben schon (Seite 1) von den Launen oder Zuständen der Dinge gesprochen und gezeigt, daß eine bewegte Kanonenkugel ein ganz anderes Ding als eine ruhende, und eine heiße ein ganz anderes Ding als eine kalte ist; wir haben auch erwähnt, daß es einer unserer Hauptzwecke in diesem Buch ist, etwas über diese wechselnden Launen oder Zustände der Materie zu ermitteln. Wir konnten damit nicht anfangen, weil wir erst die Dinge selbst kennen lernen mußten; doch wir wissen jetzt einigermaßen Bescheid über feste Körper, Flüssigkeiten und Gase, darum ist es jetzt an der Zeit, daß wir etwas über die wechselnden Launen oder Zustände der Dinge lernen. Wir haben gesehen, daß Körper zuweilen voll von Energie sind, wie z. B. eine Kanonenkugel in Bewegung, und zuweilen gänzlich gleichgültig und ohne Energie, wie z. B. eine ruhende Kanonenkugel. Im Folgenden können wir nun nichts Besseres thun, als die hervorragendsten Fälle zu studiren, in denen ein Körper voll Energie ist. Dies findet statt, wenn ein Körper in *fortschreitender Bewegung*, in *schneller Schwingung*, *erhitzt* oder *elektrisirt* ist, darum wollen wir die Energie unter diesen vier Abtheilungen betrachten. Wir wollen uns zunächst mit Körpern, welche in fortschreitender Bewegung sind, beschäftigen, und unter dieser Ueberschrift einen Begriff von der Wirkungsweise solcher Körper zu geben versuchen; dann wollen wir von den Körpern reden, welche sich in Schwingung befinden, wie z. B. eine tönende Trommel oder Glocke, und unter diesem Titel uns ein wenig über den Schall unter=

richten. Hernach werden wir uns mit den erwärmten Körpern beschäftigen und dabei etwas über Licht und Wärme sagen, und zuletzt bei den elektrisirten Körpern werden wir von dem geheimnißvollen Dinge, welches man Elektricität nennt, reden. Wir sind nicht im Stande, in diesem Buche eine irgendwie vollständige Auseinandersetzung über die verschiedenen Zustände der Körper zu geben oder über die verschiedenen Arten von Energie, welche sie besitzen können. Das muß für eine höhere Stufe aufgespart werden; wir können nur einen Umriß des Gegenstandes geben und zugleich darauf aufmerksam machen, daß derselbe von sehr großer Wichtigkeit ist.

37. Erklärung der Arbeit.

Wenn wir sagen, daß ein Mensch Energie besitzt, so meinen wir, daß er die Fähigkeit besitzt, Arbeit zu leisten, und wenn wir sagen, daß ein Ding Energie besitzt, so meinen wir ebenfalls, daß es die Fähigkeit besitzt, Arbeit zu leisten. In der That messen wir die Energie eines Dinges nach dem Betrag von Arbeit, welchen es leisten kann, bis seine Energie vollständig verbraucht ist. Wenn wir ein Kilogramm einen Meter hoch heben, leisten wir einen gewissen Betrag von Arbeit; wenn wir dasselbe aber zwei Meter hoch heben, leisten wir zweimal so viel Arbeit; wenn wir es drei Meter hoch heben, dreimal so viel Arbeit, u. s. w. Wenn wir also die Arbeit, ein Kilogrammgewicht einen Meter zu heben, eins nennen, so müssen wir die Arbeit, es drei Meter zu heben, drei nennen. Ferner ist die Arbeit, zwei Kilogramm auf irgend eine Höhe zu heben, doppelt so groß, als die, ein Kilogramm ebenso hoch zu heben, so daß die Arbeit, zwei Kilogramm drei Meter zu heben, sechs sein würde. Allgemein: wir multipliciren die Zahl der geho-

benen Kilogramme mit der Zahl der Meter, um die sie gehoben sind, so ist das Produkt die geleistete Arbeit.

Gesetzt, wir richten eine Kanone gerade aufwärts und schießen eine Kugel, die 50 Kilogramm wiegt, mit einer solchen Geschwindigkeit ab, daß dieselbe um 400 Meter in die Höhe steigt, ehe sie umkehrt, so können wir gleich sagen, wie viel Energie die Kugel hatte, als sie abgeschossen wurde. Sie hatte Energie genug, um 50 Kilogramm (d. h. sich selbst) 400 Meter hoch zu heben, also hatte sie so viel Energie, daß sie Arbeit leisten konnte gleich 50×400 oder 20,000. Wenn wir nun eine größere Pulverladung in die Kanone schütten, so bewirken wir dadurch, daß die Kugel mit größerer Geschwindigkeit herausfliegt. Gesetzt, sie kann jetzt 600 Meter hoch steigen, ehe sie umkehrt, dann hat sie Energie, vermöge deren sie Arbeit leisten kann gleich 50×600, oder 30,000. Ueberhaupt, je größer die Geschwindigkeit ist, mit der eine Kugel abgeschossen wird, desto höher steigt sie, desto mehr Arbeit leistet sie und desto größere Energie besitzt sie demgemäß.

38. Arbeit, welche durch einen bewegten Körper geleistet wird.

Ich kann hier nicht ausführlich auf den Gegenstand eingehen, aber ich will bemerken, daß ein mit doppelter Geschwindigkeit in die Höhe geschossener Körper nicht zweimal, sondern viermal so hoch steigt, ein Körper mit dreifacher Geschwindigkeit nicht dreimal, sondern dreimal drei oder neunmal so hoch steigt, u. s. w.

Wir sehen also, daß eine Kanonenkugel von doppelter Geschwindigkeit vierfache Arbeit leistet. Man kann aber auch auf andere Weise die Arbeit einer Kanonenkugel messen,

als dadurch, daß man zusieht, wie hoch sie sich in die Luft erheben kann; wir können sie auf hölzerne Bretter, die hinter einander aufgestellt sind, abfeuern, dann finden wir, daß eine Kanonenkugel von doppelter Geschwindigkeit durch nahe viermal so viel Bretter geht, eine Kugel von dreifacher Geschwindigkeit durch nahe neunmal so viel, u. s. w.; wir sehen also, daß eine Kugel von doppelter Geschwindigkeit die vierfache zerstörende Wirkung hat, wie eine von einfacher Geschwindigkeit; wir können in der That ihre Energie messen auf welche Weise wir wollen, sie wird immer viermal so viel haben, als die andere.

39. Energie in der Ruhe.

Es ist leicht einzusehen, daß ein sich schnell bewegender Körper das Vermögen besitzt, Arbeit zu leisten. Wir haben aber außerdem oft Energie in dem Ruhezustand, ebenso wie ein Mensch ruhen und dabei doch im Stande sein kann, eine Menge Arbeit zu leisten, wenn er sich daran macht. Angenommen, zwei gleich starke Männer kämpfen zusammen, jeder mit einem Haufen von Steinen, mit welchen sie sich werfen; nur steht der Eine mit seinem Steinhaufen auf dem Dach eines Hauses, während der Andere mit seinem Haufen am Fuße desselben steht. Ich brauche nicht erst zu fragen, welcher von den Beiden siegen wird, jeder sagt gleich: der Mann auf dem Dache. Wodurch ist nun dieser im Vortheil? Er ist nicht stärker oder energischer als der Andere, sein Vortheil liegt also in den Steinen, einfach, weil sein Steinhaufen hoch liegt. Er selbst hat nicht mehr Energie als der unten stehende Mann, aber sein Steinhaufen hat mehr Energie als der Steinhaufen des unten stehenden Mannes. Wir sehen also, daß die Steine Energie haben, die von der hohen Lage herrührt, in welche

sie gebracht sind, denn sie sind im Stande, Arbeit zu leisten, mag es nun die sehr unnütze Arbeit sein, einen Mann niederzuwerfen, oder die sehr nützliche Arbeit, einen Pfahl einzutreiben. Betrachten wir nun zwei Wassermühlen, die eine hat einen hochliegenden Wasserbehälter oder Teich in der Nähe, während die andere einen Teich hat, der tiefer liegt als die Mühle; welche Mühle wird arbeiten? Wir antworten gleich: die mit dem hochliegenden Teiche, weil der Fall des Wassers das Rad treibt. Wir können also sehr viel Arbeit erhalten von einem hochliegenden Wasserbehälter oder Mühlenteich, wirkliche Arbeit, wie z. B. Korn mahlen oder dreschen, oder Holz drechseln oder sägen. Andererseits kann man gar keine Arbeit von einem tief unten liegenden Teich erhalten.

Vergleichen wir nun eine mittels eines Mühlenteichs getriebene Wassermühle mit einer Windmühle, die vom Wind getrieben wird. Der Wind ist wie die Kanonenkugel, wenn er sich auch nicht so schnell bewegt; seine Energie ist die eines Körpers, der in Bewegung ist: er fährt gegen die Flügel der Mühle und dreht sie herum, ebenso wie eine Feder oder ein Strohhalm, den wir in einen starken Sturm werfen, vom Wind weggetrieben wird. Aber eine Wassermühle hat einen entschiedenen Vortheil vor einer Windmühle, denn bei einer Windmühle müssen wir auf den Wind warten; wenn wir aber eine Wassermühle mit einem guten Mühlenteich haben, so können wir das Wasser absperren und zulassen, wann wir wollen. Wir können unseren Energievorrath aufsparen und etwas davon nehmen, wann wir Lust dazu haben. Die Energie eines bewegten Körpers ist daher wie baares Geld, das wir im Begriff sind, auszugeben, aber die Energie eines Mühlenteiches oder irgend eines hochliegenden Körpers ist wie

Geld in einer Bank, das wir herausnehmen können, so oft wir es brauchen.

Schwingende Körper.

40. Der Schall.

Ein Körper, der seinen Platz verändert, ist natürlich in Bewegung; daraus aber folgt nicht, daß jeder bewegte Körper als Ganzes seinen Platz verändert; ein Kreisel, der sich sehr schnell herumdreht, ist in Bewegung, aber als Ganzes verändert er seinen Platz nicht.

Versuch 33. — Hier ist ein Draht, der mit einem Ende auf einem Klotz befestigt ist; wenn nun das andere Ende geschlagen wird, so bewegt er sich sehr schnell rückwärts und vorwärts, aber der Draht als Ganzes verändert seinen Platz nicht. Wenn die Theilchen eines solchen Drahtes sich vorwärts und rückwärts bewegen, so sagt man, sie seien im Zustande der Schwingung. Ebenso sind die Theilchen einer Glocke oder einer Trommel, die geschlagen worden, in einem Zustande der Schwingung, ferner ist eine Saite eines musikalischen Instrumentes, wenn dieselbe angeschlagen und dann losgelassen wird, in einem Zustande der Schwingung.



Fig. 20.

Nun stellt eine schwingende Bewegung, ebenso wie eine Bewegung von Ort zu Ort, Energie dar, und wirklich bewegen sich die Theilchen eines schwingenden Körpers lebhaft von einer Seite zur anderen; versuchen wir, sie aufzuhalten, so geben sie uns einen Schlag. Wenn ein Gegenstand auf

ihrer Bahn liegt, so geben sie diesem einen Schlag; die atmosphärische Luft liegt auf ihrer Bahn, folglich geben sie dieser einen Schlag. Jedesmal, wenn das Ende dieses schwingenden Drahtes zurückkommt, gibt es der Luft einen Stoß nach derselben Richtung. Ein schwingender Körper gibt in kurzer Zeit der Luft eine Menge kleiner Stöße. Wenn die Luft von solch einem Stoße getroffen wird, so erträgt sie denselben nicht ruhig, sondern stößt die Luft, die ihr zunächst ist, und diese ihrerseits stößt wieder die zunächst befindliche Luft u. s. w., bis der der Luft ertheilte Stoß auf eine große Entfernung hin fortgepflanzt ist. Endlich erreicht dieser Stoß unser Ohr und wir erhalten einen Stoß, der aber nicht in derselben Weise auf uns wirkt, wie ein Stoß, der uns niederwirft, darum sprechen wir hier nicht von einem Stoß, sondern sagen: ein Schall hat unser Ohr getroffen, wir hören einen Schall.

41. Was Geräusch und was Musik ist.

Wenn nun der Körper, welcher die Luft trifft, ihr nur einen einzigen Stoß ertheilt, wie z. B. beim Abfeuern einer Kanone, so pflanzt die Luft diesen einen Stoß bis zu unserem Ohr fort; dann sagen wir, wir hören ein Geräusch. Wenn aber der Körper, welcher die Luft trifft, in Schwingung ist und ihr in einer Sekunde eine große Menge kleiner Stöße ertheilt, so pflanzt die Luft diese fort und gibt unserem Ohr ebenso viel Stöße in einer Sekunde; dann sagen wir, wir hören einen musikalischen Ton. Also: ein Geräusch ist ein einmaliger Stoß, der unser Ohr trifft, aber ein musikalischer Ton wird durch eine Reihe kleiner Stöße hervorgerufen, die in regelmäßigen Zwischenräumen auf einander

folgen. Ferner, wenn der schwingende Körper, der die Ursache dieser Störung ist, der Luft nur eine verhältnißmäßig kleine Zahl von Stößen in einer Sekunde ertheilt, so ertheilt uns die Luft natürlich dieselbe Zahl in der Sekunde; dann hören wir einen tiefen Ton; wenn aber der schwingende Körper sehr schnell schwingt und der Luft eine große Menge Stöße ertheilt, so ertheilt die Luft uns natürlich ebenso viele; dann hören wir einen hohen Ton. Also ein tiefer Ton bedeutet eine kleine Anzahl Stöße, die in einer Sekunde unserem Ohr ertheilt werden, während ein hoher Ton eine große Anzahl Stöße in derselben Zeit bedeutet. Ein sehr hoher Ton wird durch 20,000 Stöße in einer Sekunde hervorgebracht und ein sehr tiefer Ton durch 50 Stöße in derselben Zeit.

42. Ein Schall kann Arbeit leisten.

Ein musikalischer Ton ist angenehm, aber ein Geräusch oder ein einfacher Stoß ist unangenehm, zuweilen, wenn er ein sehr heftiger ist, verletzt oder zerstört er sogar das Ohr. Wenn eine große Kanone abgefeuert wird, so kann der Stoß gegen das Ohr in manchen Fällen dessen Hörkraft zerstören; oder wenn der Schall gegen eine Glasscheibe trifft, kann die Erschütterung so stark sein, daß die Scheibe zertrümmert wird; bei der Explosion eines Pulvermagazins werden zuweilen alle Fenster in der Nachbarschaft zerschmettert. Hieraus sehen wir, daß ein lautes Geräusch Energie besitzt und Arbeit leisten kann, besonders Arbeit der Zerstörung.

13. Er braucht Luft, um fortgepflanzt zu werden.

Versuch 34. — Wir wollen versuchen, eine Glocke zu läuten in einem Raum, in welchem keine Luft ist, z. B. in einer ausgepumpten Glasglocke. Weil sich keine Luft in derselben befindet, ist auch nichts da, dem die bewegten Theilchen der Glocke einen Stoß geben können, daher erreicht kein Schall unser Ohr. Eine Glocke, die angeschlagen worden, oder jeder andere schwingende Körper besitzt eine Quantität Energie, von der er etwas der Luft mittheilt, und die Luft wiederum theilt etwas unserem Ohr mit. Wenn aber keine Luft vorhanden ist, so ist auch nichts da, das die Energie des schwingenden Körpers an unser Ohr zu bringen vermöchte.

44. Die Art seiner Fortpflanzung.

Wir wollen nun etwas über die Natur dieses Dinges nachdenken, welches durch schwingende Körper an die Luft abgegeben und von dieser sodann auf eine große Entfernung hin fortgepflanzt wird.

Vor Allem dürfen wir uns nicht vorstellen, daß, wenn eine Kanone eine oder zwei Meilen entfernt abgefeuert wird, dieselben Lufttheilchen den ganzen Weg von der Kanone bis zu unserem Ohr durchlaufen. Die der Kanone nahen Theilchen geben den ihnen zunächst befindlichen einen Stoß und kommen dann zur Ruhe; die Theilchen, die den Stoß empfangen haben, geben ihrerseits den ihnen zunächst befindlichen einen Stoß und kommen dann zur Ruhe u. s. w., bis der Stoß unser Ohr erreicht. Was dabei thatsächlich vor sich geht, wird durch folgenden Versuch klar werden.

Versuch 35. — Wir nehmen eine Reihe elastischer Kugeln, die an verschiedenen Fäden in einer Reihe aufge-

hängt sind und lose neben einander hängen, so daß eine die andere gerade berührt. Ich ziehe jetzt die erste Kugel zur Seite in der Richtung der übrigen und lasse sie fallen, so daß sie der zweiten einen Stoß gibt. Was geschieht? Nachdem die erste Kugel den Stoß an die zweite abgegeben, kommt sie zur Ruhe. Die zweite überliefert schnell den Stoß der dritten und kommt ihrerseits zur Ruhe; die dritte thut dasselbe, bis der Stoß die letzte Kugel der Reihe er-

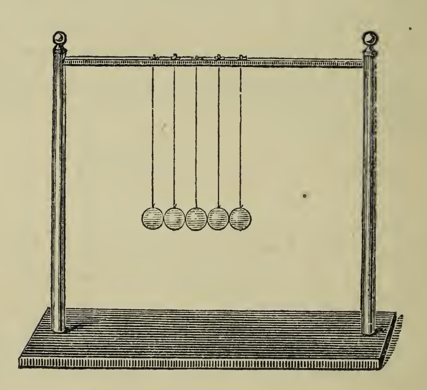


Fig. 21.

reicht hat, die, weil sie die letzte ist, durch denselben in Bewegung gesetzt wird. Nun kann die erste Kugel mit den Lufttheilchen verglichen werden, die der Kanone zunächst sind, und die letzte Kugel mit den Theilchen, die unserem Ohr zunächst sind. Hiernach ist klar, wie der Stoß von der Luft bei der Kanone zu der Luft bei unserem Ohr fortgepflanzt werden kann, ohne daß es dazu nöthig ist, daß dieselben Lufttheilchen die ganze Entfernung durchlaufen.

Die Croquetspieler wissen, was vor sich geht, wenn man die Kugel des Gegners croquetirt. Dabei hält man die eigene Kugel unter dem Fuß fest, während die des Gegners jene gerade berührt; gibt man sodann mit dem Hammer der eigenen Kugel einen Schlag, so bewegt diese sich nicht, sondern überträgt den Schlag auf die Kugel des Gegners mit so viel Kraft, daß dieselbe eine weite Strecke fortfliegt. Hier haben wir also dasselbe Ergebniß, wie bei der Kugelreihe.

45. Seine Fortpflanzungs-Geschwindigkeit.

Dieser Stoß, den wir Schall nennen, braucht Zeit, um von der Kanone auf unser Ohr überzugehen. Er wandert sehr schnell, so schnell wie eine Flintenkugel, aber er pflanzt sich doch nicht augenblicklich von der Kanone bis zu unserem Ohre fort.

Wenn eine Kanone in großer Entfernung abgefeuert wird. sehen wir zuerst den Blitz und den Rauch, und hören erst nach einigen Sekunden den Knall. Diese wenigen Sekunden sind nun die Zeit, welche der Schall oder Stoß brauchte, um von der Kanone bis zu unserem Ohr zu gelangen. Wir sahen den Blitz genau in demselben Augenblick als die Kanone abgefeuert wurde; wenn wir also von dem Momente seines Erscheinens ab rechnen, so wissen wir, wie viel Zeit der Schall brauchte, um von der Kanone zu uns zu gelangen. Gesetzt, die Kanone war 3400 Meter entfernt und wir zählten 10 Sekunden zwischen dem Blitz und dem Knall, so können wir daraus schließen, daß der Schall 10 Sekunden braucht, um 3400 Meter Luft zu durchlaufen, oder daß er sich mit einer Geschwindigkeit von 340 Meter in der Sekunde fortbewegt, und das kommt der Wahrheit sehr nahe.

Der Schall läuft aber durch Wasser viel schneller als durch Luft, und durch Experimente, welche man auf dem Genfer See angestellt hat, ist ermittelt worden, daß die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Schalls durch Wasser ungefähr viermal so groß ist, als durch Luft. Der Schall pflanzt sich durch Holz oder Eisen noch schneller fort; durch Holz z. B. geht er zehn- bis sechszehnmal so schnell wie durch Luft, so daß er in einer Sekunde mehr als vier Kilometer in zusammengefügten Holzstämmen zurücklegen würde.

46. Das Echo.

Nehmen wir jetzt an, ich stünde in dem Mittelpunkt eines großen natürlichen Amphitheaters, in dem felsige Klippen mich umgeben, und feuerte aus dieser Stellung eine Flinte ab. Dann wird der Knall oder der Stoß sich von der Flinte ausbreiten und an die Felsen schlagen, aber hiernach wird noch etwas Weiteres geschehen. Wenn der Schall die Klippen getroffen hat und bemerkt, daß er nicht weiter kommen kann, so kehrt er wieder um, und in diesem besonderen Fall kehrt er in derselben Linie um, in der er fortging, wobei er immer in der Sekunde 340 Meter zurücklegt. Die Folge ist, daß ich einige Sekunden nachdem ich die Flinte abgefeuert, den Schall, welcher von den Klippen zurückgekommen ist, wieder höre, gerade als ob noch eine Flinte abgefeuert wäre. Diesen Schall nennt man ein **Echo**.

Wir sehen also, daß bei einem Echo der Schall oder Stoß an ein Hinderniß trifft und von diesem zurückgeworfen wird, aber er kommt nicht immer in derselben Richtung zurück, in welcher er ausging; in welcher Richtung er zurückkehrt, hängt von der Form der Oberfläche ab, gegen

welche er trifft. Ein sehr merkwürdiger Versuch ist der, welchen die folgende Figur darstellt. Wir stellen zwei große hohle Reflectoren in einiger Entfernung von einander auf, legen in einen gewissen Punkt, den man den Focus oder Brennpunkt des einen nennt, eine Taschenuhr, und unser Ohr in den Brennpunkt des anderen; dann hören wir das Ticken der Uhr sehr deutlich, so deutlich, als ob sie dicht an unserem Ohr läge. Die Ursache hiervon ist, daß die Stöße, welche die Uhr der Luft gibt, auf den links aufgestellten Reflector treffen, von diesem in solchen Richtungen zurückgeworfen werden, daß sie auf den anderen Reflector fallen und von diesem endlich alle in das Ohr geworfen werden. Dies Alles ist in der Figur dargestellt.

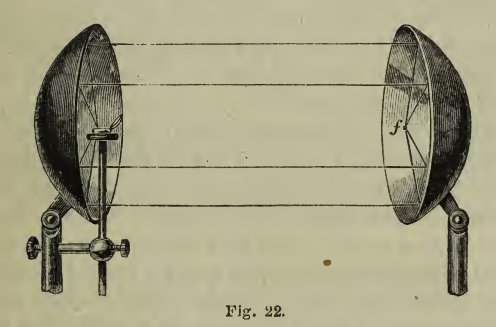


Fig. 22.

Diese Eigenschaft des Schalls gibt einen sehr hübschen Versuch ab, aber im praktischen Leben hat sie sich zuweilen als sehr lästig erwiesen; z. B. erzählt man, daß in der Cathedrale von Girgenti in Sicilien das leiseste Flüstern von der großen westlichen Thür zu dem Kranz hinter dem Hochaltar hingetragen wird, und daß unglücklicherweise die erste Stelle als Platz für den Beichtstuhl gewählt wurde.

Nun konnte ein Lauscher, der auf der anderen Stelle stand, oft hören, was nimmer für das öffentliche Ohr bestimmt war, bis die Sache endlich bekannt wurde und man einen anderen Platz wählte. Die Zurückwerfung des Schalls erklärt auch die Wirkung der Flüstergalerieen. In derjenigen der Sanct-Paul's Kirche in London z. B. wird ein Flüstern an einer Seite des Doms an der gegenüberliegenden Seite durch eine sehr beträchtliche Entfernung hindurch gehört.

47. Wie man die Zahl der Schwingungen in einer Sekunde findet, die einem beliebigen Ton entsprechen.

Wir haben schon gesehen, daß wenn ein schwingender Körper der Luft nur eine kleine Zahl von Stößen in einer Sekunde ertheilt, wir einen tiefen Ton erhalten, einen hohen hingegen, wenn der schwingende Körper die Luft sehr oft in einer Sekunde trifft; was man also die Höhe eines Tones nennt, hängt ab von der Zahl der Stöße, welche der Luft in einer Sekunde ertheilt werden. Wir können nun durch einen Versuch ermitteln, wie viele Stöße in einer Sekunde einem bestimmten Ton entsprechen, und die vorstehende Abbildung wird klar machen, wie dies geschieht. Wir sehen rechts ein großes Rad A, welches durch eine Kurbel gedreht wird. Ueber den Umfang oder den Rand dieses Rades ist ein starker Riemen gelegt, der über die Achse eines anderen Rades B geht. Die Folge hiervon ist, daß mittels des Riemens die Achse des Rades B während einer einzigen Umdrehung des Rades A sich sehr oft herumdrehen wird, und das Rad B wird sich selbst natürlich mit seiner Achse drehen, so daß B in eine sehr schnelle Drehung ver-

setzt werden kann. Wir sehen auch, daß B mit kleinen Zähnen besetzt ist. Nun ist in dem Punkte C gegenüber den Zähnen von B ein Kartenblatt angebracht, so daß jeder Zahn, wenn er vorbeigeht, an die Karte schlägt. Jedesmal, wenn die Karte geschlagen wird, hören wir einen Schall, weil die Karte der Luft einen Stoß gibt. An dem Rade B mögen 100 Zähne sein, dann werden der Luft 100 Stöße gegeben, während B sich einmal herumdreht. Wenn also B sich einmal in der Sekunde herumdreht, wer-

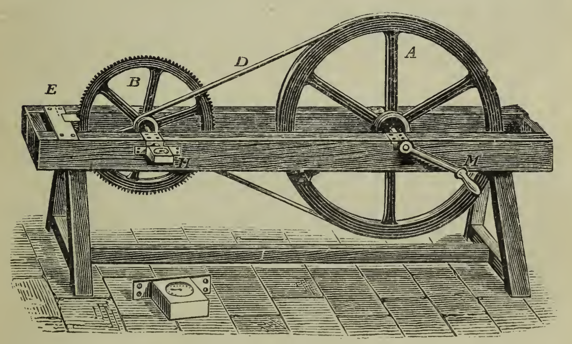


Fig. 23.

den der Luft 100 Stöße in der Sekunde gegeben und in Folge dessen trifft 100 Mal in der Sekunde ein Schall unser Ohr; wir sind aber in diesem Fall nicht im Stande, jeden Schall für sich zu unterscheiden, sondern wir hören einen ununterbrochenen tiefen Ton. Wenn ich nun die Kurbel schnell genug drehe, kann ich dadurch bewirken, daß B sich in einer Sekunde 100 Mal herumdreht, und bei jeder Umdrehung wird B die Karte 100 Mal schlagen; die Karte wird daher in einer Sekunde 100 Mal

100 oder 10,000 Mal geschlagen, 10,000 kleine Stöße werden in jeder Sekunde unser Ohr treffen und wir werden einen ununterbrochenen hohen Ton hören.

Wenn wir nun die Zahl der Stöße in einer Sekunde finden wollen, die einem gegebenen Ton entspricht, verfahren wir folgendermaßen: wir drehen die Kurbel immer schneller, bis das Instrument mittels der Karte einen Ton von derselben Höhe gibt, wie der Ton, den wir bestimmen wollen; wenn wir einmal die richtige Geschwindigkeit heraus haben, drehen wir die Kurbel eine Zeitlang mit derselben Geschwindigkeit weiter, etwa eine Minute lang oder länger. Mit dem Rade B steht nun ein Zählwerk in Verbindung (das wir besonders, in vergrößertem Maßstabe unten liegen sehen), und dieses zeigt an, wie oft die Karte geschlagen wurde, seit wir zu drehen anfingen. Wir müssen also, wenn wir selbst die Kurbel immer mit der Geschwindigkeit, die uns den rechten Ton gibt, drehen, einen anderen Beobachter zu Hülfe nehmen, der die Stellung des Zeigers auf dem Zählwerk am Anfang und Ende einer Minute notirt. Gesetzt, jener fände durch das Zählwerk, daß in dieser Minute die Karte 60,000 Mal geschlagen ist, so entspricht dies 1000 Mal in einer Sekunde, und wir können daraus schließen, daß der angegebene Ton 1000 Stößen entspricht, die in einer Sekunde der Luft ertheilt werden.

Erwärmte Körper.

48. Die Natur der Wärme.

Wir haben gesehen, daß ein Körper, der sich in fortschreitender Bewegung befindet, Energie besitzt, ebenso ein in

Schwingung befindlicher. Ferner wissen wir, daß ein Körper, welcher sich in Schwingung befindet, sich nicht in Folge dessen von einem Orte zu einem anderen hin bewegt, sondern als ein Ganzes in Ruhe bleibt, und daß nur seine verschiedenen Theilchen sich abwechselnd vor- und rückwärts bewegen.

Wir wollen jetzt erwärmte Körper betrachten. Vor Allem fragen wir, was ist Wärme? Um dies zu ermitteln, legen wir eine eiserne Kugel in's Feuer, nehmen sie, wenn sie weißglühend geworden ist, wieder heraus, legen sie sodann auf eine Wagschale, bringen sie in's Gleichgewicht und lassen sie abkühlen. Wäre nun Wärme ein Stoff, der in die Kugel hineingetreten ist, so müßten wir erwarten, daß diese beim Abkühlen beständig leichter würde. Wenn aber dieser Versuch in der richtigen Weise angestellt wird, so findet man, daß die eiserne Kugel nicht an Gewicht verliert, wenn sie sich abkühlt, daß also, was Wärme auch immer sei, jedenfalls ihr Vorhandensein die Kugel nicht um ein Milligramm schwerer gemacht hat.

Nehmen wir nun weiter an, ich stellte mich auf die Schale einer sehr empfindlichen Wage und ließe, wenn das Gleichgewicht vollständig hergestellt ist, etwas Wasser in mein Ohr gießen. Natürlich bin ich dann schwerer als vorher. Angenommen aber, ein S c h a l l kommt in mein Ohr. Wird der Schall mich schwerer machen? Nicht im Geringsten. Derselbe schlägt an das sogenannte Trommelfell meines Ohres, versetzt dasselbe in Schwingung und ich höre den Schall, aber ich werde dadurch, daß der Schall in mein Ohr tritt, nicht um das Allergeringste schwerer. Also, während das Eintreten von Wasser ein Eintreten von Stoff ist und mich schwerer macht, ist das Eintreten des Schalles nur das Eintreten einer Art schwingender Bewe-

gung und macht mich nicht schwerer. Kann nun nicht etwas derartiges auch bei erwärmten Körpern stattfinden? Kann nicht das Eintreten von Wärme das Eintreten einer Art schwingender oder vor- und rückwärts gehender Bewegung bedeuten, die nichts zu dem Gewicht des Körpers hinzufügt?

Wir haben gewichtige Gründe, zu glauben, daß die Wärme wirklich eine Art schwingender Bewegung ist, und daß, wenn ein Körper erwärmt wird, jedes kleinste Theilchen desselben entweder vor- und rückwärts oder rund herum getrieben wird. Aber diese Theilchen sind so außerordentlich klein, und ihre Bewegung ist so außerordentlich schnell, daß das Auge kein Mittel hat, zu sehen, was wirklich vorgeht. Warum, fragen wir nun, geht denn von einem erhitzten Körper kein Schall aus, wenn doch seine Theilchen in einem Zustande schneller Bewegung sind? Warum gibt denn ein solcher Körper der um ihn befindlichen Luft nicht auch eine Menge kleiner Stöße, wie ein Körper in gewöhnlicher Schwingung? Die Antwort ist, daß ein erhitzter Körper dem ihn umgebenden Medium allerdings eine Menge Stöße versetzt; und wenn diese Stöße auch nicht der Art sind, daß sie auf das Ohr wirken, so wirken sie doch auf das Auge und geben uns die Empfindung des Lichtes. Es besteht also eine große Aehnlichkeit zwischen einem tönenden Körper, wie z. B. einer Glocke, und einem heißen Körper, wie z. B. einer weißglühenden Kugel. Die Theilchen beider Körper sind in einem Zustande schneller Bewegung: die der Glocke treffen die Luft rund um dieselbe und die Luft überträgt die Stöße auf unser Ohr; die Theilchen der heißen Kugel versetzen auch dem Medium rund um die Kugel eine Reihe Stöße und dieses Medium bringt die Stöße zu unserem Auge. Als wir daher

mit schwingenden Körpern experimentirten, brauchten wir das Ohr, experimentiren wir aber mit stark erhitzten Körpern, so brauchen wir das Auge. In beiden Fällen theilt man den Gegenstand in zwei Abtheilungen: bei schwingenden Körpern müssen wir zuerst die Körper selbst studiren, wie schnell sie schwingen, in welcher Weise sie schwingen u. s. w.; und zweitens müssen wir untersuchen, wie schnell der von ihnen ausgehende Schall durch die Luft fortgepflanzt wird; bei erhitzten Körpern müssen wir zuerst die Körper selbst genau studiren und dann, wie schnell die Licht- und Wärmestrahlen, welche von ihnen ausgehen, die Luft durcheilen.

49. Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

Wenn ein Körper erwärmt wird, dehnt er sich fast immer aus, d. h. er wird nach allen Seiten hin größer. Um zu beweisen, daß dies der Fall ist, wollen wir einen festen, einen flüssigen und einen gasförmigen Körper erwärmen.

Versuch 36. — Wir wollen einen langen metallenen Stab nehmen (Fig. 24), welcher an dem einen Ende B

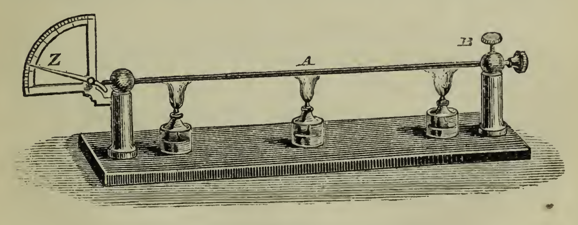


Fig. 24.

durch eine Schraube festgehalten wird. Das andere Ende kann sich indessen frei ausdehnen und drückt dabei gegen den Zeiger Z, welcher in Folge hiervon in die Höhe rückt;

wenn also die Stange sich noch so wenig ausdehnt, wird diese Ausdehnung doch leicht bemerkt werden, denn sie bewirkt, daß der Zeiger seine Stellung verändert und in die Höhe rückt.

Jetzt wollen wir zwei oder drei Lampen unter den Stab stellen und denselben erhitzen, dann finden wir daß der Stab sich ausdehnt und gegen den Zeiger drückt, so daß derselbe in die Höhe rückt. Wenn die Lampen fortgenommen werden, kühlt der Stab sich ab und in Folge dessen ist der Zeiger im Verlaufe von einigen Minuten wieder in seine alte Lage zurückgetreten.

Versuch 37. — Hier haben wir eine hohle Glaskugel, die mit Wasser gefüllt ist; wenn wir diese Glaskugel erwärmen, steigt das Wasser in der feinen Röhre, welche mit der Kugel zusammenhängt. Dabei dehnt sich die Glaskugel sowohl wie das Wasser aus, aber das Wasser dehnt sich mehr aus als die Glaskugel und wird dadurch in dem feinen Rohr aufwärts getrieben; es dehnt sich sogar mit so großer Gewalt aus, daß es die Kugel sprengen würde, wenn keine leere Röhre vorhanden wäre, in welche es steigen könnte.

Versuch 38. — Um den Versuch zu verändern, wollen wir jetzt eine Blase nehmen, die ungefähr zu 2/3 mit Luft gefüllt ist, und dieselbe über dem Feuer erwärmen, wobei wir sie herumdrehen, damit sie nicht verbrennt. In kurzer Zeit wird die Luft sich dann so sehr ausgedehnt haben, daß die Blase ganz voll aussieht.

50. Das Thermometer.

Wir sehen aus all diesen Versuchen, daß die Wärme das Bestreben hat, die Körper auszudehnen, mögen sie nun fest,

flüssig oder gasförmig sein. Wir wollen jetzt insbesondere Quecksilber in einer Glaskugel betrachten; es wird wie Wasser ausgedehnt und läuft in der feinen Röhre in die Höhe, wenn man Wärme zuführt. Wir haben hier in Wirklichkeit zwei sich ausdehnende Körper. Erstens dehnt sich die Kugel selbst aus, denn wenn wir sie genau messen, wenn sie kalt und wenn sie heiß ist, so finden wir, daß sie heiß ein wenig größer ist. Aber die Kugel dehnt sich nicht so stark aus, als das Quecksilber, und in Folge dessen begnügt sich das Quecksilber nicht damit, seine alte Stellung in der mit der Kugel verbundenen Röhre einzunehmen, sondern es muß mehr Raum haben und steigt deßhalb in der Röhre; da nun diese sehr fein ist, verursacht eine sehr kleine Ausdehnung des Quecksilbers ein bedeutendes Steigen desselben in der Röhre, welches vom Auge leicht gesehen wird. In der That treibt die bloße Wärme unserer Hand das Quecksilber in der Röhre schnell in die Höhe und ein bloßer Hauch kalter Luft treibt es nieder. Ein Instrument dieser Art ist daher sehr nützlich, um anzugeben, ob ein Ding kälter oder wärmer als ein anderes ist und entspricht diesem Zweck viel besser als das Gefühl beim Berühren. Wenn wir z. B. ein solches Instrument mit seiner Kugel in ein Gefäß mit Wasser stellen und es in demselben einige Minuten lassen, nimmt die Quecksilberkuppe in der Röhre eine feste Stellung an. Nun machen wir einen Strich und merken uns diese Stellung genau. Dann nehmen wir das Instrument aus diesem Wassergefäß und stellen es in ein anderes ebenfalls Wasser enthaltendes Gefäß. Wenn dieses Wasser wärmer ist, als das erste, wird das Quecksilber über den Strich, welchen wir gemacht haben, steigen, d. h. das Ende seiner Säule wird jetzt höher stehen; wenn aber dieses Wasser kälter ist,

als das erste, wird das Quecksilber unter den Strich, welchen wir gezogen haben, fallen; wenn wir also die Höhe des Quecksilbers in der Röhre beobachten, können wir sofort sagen, ob das zweite Wassergefäß wärmer oder kälter ist, als das erste.

Ein solches Instrument wird ein Thermometer genannt, und ich will jetzt beschreiben, wie ein Thermometer gemacht wird.

51. Wie sie verfertigt werden.

Wenn man ein Thermometer anfertigen will, läßt man sich von einem Glasbläser eine hohle Kugel an das Ende einer Glasröhre blasen, welche sehr eng im Lichten ist, das andere Ende dieser engen Röhre läßt man offen. Dann erhitzt man die Kugel über einer Flamme, wodurch die Luft in der Kugel sich ausdehnt (gerade so wie vorhin, als wir die Blase erhitzten); weil aber das andere Ende der feinen Röhre offen ist, so entweicht die ausgedehnte Luft durch dasselbe. Ehe nun die Luft Zeit hat abzukühlen, taucht man das offene Ende der engen Röhre unter die Oberfläche eines mit Quecksilber gefüllten Gefäßes. Augenscheinlich enthält die Kugel jetzt weniger Luft , als zuerst, weil ein Theil derselben durch die Wärme ausgetrieben ist. Wenn die zurückgebliebene Luft nun abkühlt, zieht sie sich in einen kleineren Raum zusammen und der Luftdruck von außen treibt das Quecksilber in die Höhe, so daß es den leeren Raum ausfüllt, ebenso wie er das Wasser in der Wasserpumpe in die Höhe trieb (§ 34). Ein Theil dieses Quecksilbers wird also in die Kugel getrieben. Nachdem wir nun ein wenig Quecksilber in der Kugel haben, nehmen wir die Kugel mit dem Quecksilber darin und erhitzen sie gut über der Flamme einer Lampe, Kugel, Röhre und Alles. Das Quecksilber

wird bald kochen und der Dampf wird die vor ihm befindliche Luft hinaustreiben, so daß zuletzt Kugel und Röhre beide mit Quecksilberdampf gefüllt sind. Wenn dies geschehen ist, tauchen wir das offene Ende der Röhre noch einmal in ein Gefäß mit Quecksilber. Da nun in der Röhre so wie in der Kugel keine Luft ist, sondern nur Quecksilberdampf, und dieser beim Abkühlen sich verdichtet, so entsteht ein leerer Raum, und das Quecksilber, in welches das Instrument getaucht ist, wird durch den Druck der äußeren Luft in die Höhe getrieben, bis es Röhre und Kugel ausfüllt. Jetzt, da wir Röhre und Kugel mit Quecksilber gefüllt haben, verschließen wir, ehe dasselbe abkühlt, das offene Ende dadurch, daß wir die Glasröhre zuschmelzen, so daß die Luft ausgeschlossen bleibt, und damit ist dieser Theil des Prozesses beendet.

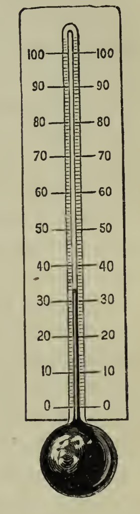


Fig. 25.

Nachdem nun unsere Thermometerröhre fertig ist, tauchen wir dieselbe, wenn sie kalt genug ist, in einen Behälter mit zerstoßenem Eis, welches im Begriff ist, zu schmelzen. Natürlich fällt die Quecksilbersäule in der Röhre, weil das Eis sehr kalt ist (die Quecksilbersäule fällt ja, wie wir wissen, wenn die Kugel in eine kalte Masse getaucht wird). Wenn das Quecksilber nicht mehr fällt, bezeichnen wir mit einer Feile die Stelle, bis zu welcher die Säule in der Röhre reicht. Diese Stelle wird die Quecksilberkuppe immer einnehmen, wenn das Instrument in schmelzendes Eis oder etwas, das ebenso kalt ist, gebracht wird. Jetzt nehmen wir

die Thermometerröhre, tauchen Kugel und Röhre in kochendes Wasser und bezeichnen wie vorher die Stelle bis zu welcher die Quecksilbersäule reicht. Natürlich steht dieselbe jetzt sehr hoch, denn das Quecksilber hat sich durch das heiße Wasser sehr stark ausgedehnt. Wir haben also nun zwei Marken auf unserer feinen Röhre: die eine bezeichnet die Höhe der Quecksilbersäule, wenn wir die Kugel in schmelzendes Eis tauchen; die andere die Höhe der Säule, wenn wir Kugel und Röhre in siedendes Wasser tauchen. Wir werden später sehen, daß die Wärme des siedenden Wassers nicht ganz unveränderlich ist, aber für's Erste können wir annehmen, siedendes Wasser habe eine bestimmte Wärme.

Nachdem wir so auf der Thermometerröhre zwei Punkte, welche dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt des Wassers entsprechen, bezeichnet oder mit einer Feile eingeritzt haben, müssen wir zunächst die ganze Entfernung zwischen diesen beiden Punkten in hundert gleiche Theile theilen. Zu diesem Zweck bekleidet man die ganze Röhre mit Wachs und ritzt an den richtigen Stellen mit der Spitze einer Nadel in die Wachsbekleidung. Tauchen wir nun die ganze Röhre in eine Lösung von Flußsäure, so wirkt diese nicht auf die Wachsbekleidung, wohl aber auf das Glas an den Stellen wo die Nadelspitze das Wachs durchschnitten hat. Wenn wir hernach die Röhre wieder aus der Lösung herausnehmen, so finden wir, daß alle Striche, welche wir mit der Nadelspitze gezogen haben, durch die Säure in das Glas eingeätzt sind und eine Scala von Strichen bilden, vermittels welcher wir vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt des Wassers aufsteigen können durch hundert Abtheilungen oder Stufen, von denen jede Stufe etwas Heißeres als die unter ihr und etwas Kälteres als die über ihr bezeichnet.

Schließlich nennen wir die unterste Stufe 0 Grad, die oberste 100 Grad, und versehen jede zehnte zwischen diesen beiden auch mit einer Zahl, dann ist unser Thermometer fertig.

Ein solches Instrument heißt ein hunderttheiliges Thermometer, nämlich ein Thermometer mit hundert Stufen, und da dies die bequemste Form der Graduirung ist, werden wir sie immer gebrauchen.

Ist die Wärme einer Masse derart, daß ein in dieselbe gebrachtes Thermometer bis zu 10, 20 oder 30 Grad steigt, so sagen wir, die Temperatur dieser Masse ist 10, 20 oder 30 Grad u. s. w. Schmelzendes Eis hat also eine Temperatur von 0 Grad (geschrieben 0°) der hunderttheiligen Scala, und siedendes Wasser eine Temperatur von 100 Grad (geschrieben 100°) derselben Scala; 20° ist eine gute Sommerwärme und 35° ist ungefähr die Wärme unseres Blutes oder Blutwärme. Ein solches Instrument ist überhaupt ein sehr genaues Mittel, Temperaturen zu messen.

52. Die Ausdehnung fester Körper.

Vermittels einer Methode, die, ähnlich der beim Versuch 36 angewandten, nur genauer als diese ist, hat man gefunden, wie viel sich Glas- oder Metallstäbe zwischen dem Gefrierpunkt und Siedepunkt des Wassers, d. h. zwischen 0° und 100° des Thermometers ausdehnen; die Resultate sind in der folgenden Tabelle angegeben:

	Ausdehnung einer 100,000 Centimeter langen Stange zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt des Wassers.
Glas	85 Centimeter
Kupfer	171 "
Messing	188 "
Weiches Eisen	120 "
Gußeisen	109 "
Stahl	114 "
Blei	282 "
Zinn	196 "
Silber	192 "
Gold	144 "
Platina	87 "
Zink	298 "

53. Die Ausdehnung flüssiger Körper.

Flüssige Körper dehnen sich mehr aus als feste, wenn man ihre Wärme vermehrt, aber wir können keinen Versuch mit einer flüssigen Stange machen, weil eine Flüssigkeit nie eine Stange bilden kann. Darum wollen wir in diesem Fall ein bestimmtes Maß nehmen, z. B. einen Liter, und untersuchen, wie viel Liter überfließen würden, wenn eine Flüssigkeit, die beim Gefrierpunkt des Wassers 100,000 Liter einnahm, bis zum Siedepunkt erhitzt würde.

Wenn nun 100,000 Liter Quecksilber von 0° auf 100° oder vom Gefrier= bis auf den Siedepunkt erhitzt werden, so finden wir einen Ausfluß von 1815 Liter, und wenn 100,000 Liter Wasser zwischen denselben Temperaturgrenzen erhitzt werden, so finden wir einen Ausfluß von 4315 Liter. Man hat durch solche Versuche ermittelt, daß Flüssigkeiten sich mehr ausdehnen als feste

Körper bei gleicher Zunahme der Temperatur und daß Flüssigkeiten sich bei hoher Temperatur schneller ausdehnen als bei niedriger.

54. Die Ausdehnung gasförmiger Körper.

Gase werden auch durch Wärme ausgedehnt und sogar sehr stark; aber wir dürfen dabei nicht vergessen, daß Gase auch durch andere Mittel als Wärme ausgedehnt werden. Wir erinnern uns des Caoutschukballons, der unter die Glocke der Luftpumpe gebracht wurde und sich ausdehnte, als die Luft aus der Glocke entfernt wurde (Versuch 25). Wenn wir also ermitteln wollen, um wieviel eine Quantität Gas sich durch die Wärme ausdehnt, so müssen wir Acht geben, daß die Luft, welche das Gas umgibt, ihren Druck nicht verändert. Wir können z. B. eine mit etwas Luft gefüllte Blase nehmen und zusehen, um wieviel sie sich in der freien Luft, d. h. unter dem beständigen Druck der Atmosphäre zwischen dem Gefrierpunkt und dem Siedepunkt des Wassers ausdehnt.

Dabei findet man, daß eine nicht ganz mit Luft gefüllte Blase, deren Rauminhalt beim Gefrierpunkt 1000 Cubikcentimeter ist, beim Siedepunkt einen Rauminhalt von 1367 Cubikcentimetern hat.

Wenn wir also ein Gefäß mit einer großen Quantität eiskalten Wassers haben und diese 1000 Cubikcentimeter enthaltende Blase unter das Wasser tauchen, so sehen wir das Wasser in dem Gefäß durch einen Raum von 1000 Cubikcentimetern steigen, weil dieses die Zunahme des Rauminhalts ist, welche von der Blase herrührt. Wenn wir aber dasselbe Gefäß mit siedendem Wasser füllen und die Blase hineintauchen, so sehen wir das Wasser durch einen Raum

von 1357 Cubikcentimetern steigen, weil das der Rauminhalt der Blase bei dieser Temperatur ist.

55. Bemerkungen über die Ausdehnung.

Flüssigkeiten und feste Körper dehnen sich mit ungeheurer Kraft aus. Wenn wir eine eiserne Kugel ganz mit Wasser füllen, dieselbe mit einer Schraube fest verschließen und dann erhitzen, so ist die Kraft der Ausdehnung groß genug, um die Kugel zu zersprengen.

Bei großen eisernen und röhrenförmigen Brücken muß man etwas Raum lassen, damit das Eisen Platz hat, sich auszudehnen; denn in der Mitte des Sommers ist die Brücke etwas länger als in der Mitte des Winters, und wenn sie keinen Raum hat, sich zu verlängern, so wird sie beschädigt durch die Kraft, welche sie auszudehnen sucht. In der Menai-Röhrenbrücke ist eigens für diesen Zweck eine Einrichtung getroffen.

Die Kraft der Ausdehnung und Zusammenziehung ist uns in vielen Fällen sehr nützlich, z. B. bei Anfertigung der Wagenräder. Die eiserne Radschiene wird erst rothglühend gemacht und in diesem Zustande lose um das Rad gelegt; dann kühlt man sie schnell ab; dabei zieht sie sich zusammen, faßt das Rad und legt sich ganz fest an.

56. Die specifische Wärme.

Einige Körper bedürfen einer größeren Wärmemenge als andere, damit ihre Temperatur um einen Grad steige. Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Kilogramm von irgend einem Stoff um einen Grad zu erhöhen, nennt man seine specifische Wärme. Wasser hat

die größte specifische Wärme; d. h. man bedarf mehr Wärme, um ein Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen als ein Kilogramm irgend einer anderen Substanz. Die Wärme, welche erforderlich ist, um ein Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen, reicht hin, 9 Kilogramm Eisen, 11 Kilogramm Zink, und nicht weniger als 30 Kilogramm Quecksilber oder Gold um einen Grad zu erwärmen.

Versuch 39. — Um uns von der großen specifischen Wärme des Wassers zu überzeugen, nehmen wir 2 Kilogramm Quecksilber, erhitzen sie auf 100° oder den Siedepunkt des Wassers und vermischen sie mit einem Kilogramm Wasser von gewöhnlicher Temperatur. Beobachten wir nun die Höhe des in's Wasser gestellten Thermometers vor und nach der Mischung, so finden wir, daß dasselbe kaum mehr als um 5° durch das hinzugegossene heiße Quecksilber gestiegen ist.

57. Die Veränderung des Aggregatzustandes.

Wir haben schon von den drei Aggregatzuständen gesprochen, dem festen, flüssigen und gasförmigen. Wenn man nun einen festen Körper erhitzt, so geht er vom festen in den flüssigen und dann vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Eis, Wasser und Dampf haben genau dieselbe Zusammensetzung, Eis, wenn es erwärmt wird, verwandelt sich in Wasser, und Wasser, wenn man die Erwärmung fortsetzt, in Dampf. Dieselbe Umwandlung geht mit anderen Stoffen vor sich, wenn wir sie in derselben Weise behandeln. Nehmen wir z. B. ein Stück von demjenigen Metall, welches Zink heißt, und erhitzen es; nach einiger Zeit wird es schmelzen und, wenn wir

es noch weiter erhitzen, zuletzt in Form von Zinkdampf entweichen. Sogar hartes, festes Eisen oder Stahl kann man zum Schmelzen bringen und selbst in Dampf verwandeln; ja, mit Hülfe der Elektricität (von der wir später mehr sprechen werden) kann man wahrscheinlich jeden Stoff so erhitzen, daß er sich in Dampf oder Gas verwandelt.

Wir können aber nicht alle Körper genügend abkühlen, um sie in den festen oder auch nur in den flüssigen Zustand zu versetzen. Reiner Alkohol z. B. ist niemals zu einem festen Körper abgekühlt worden; aber wir wissen sehr wohl, daß wir nur größerer Kälte bedürfen, um Alkohol zum Frieren zu bringen. Ebenso sind wir noch nie im Stande gewesen, die atmospärische Luft genügend abzukühlen, um sie in die flüssige Form zu bringen; wir wissen aber sehr wohl, daß es uns gelingen würde, sobald wir größere Kälte hervorbringen könnten. Wir müssen uns dabei nicht vorstellen, daß Kälte irgend etwas anderes als Mangel an Wärme sei. Ein kalter Körper ist ein Körper, der wenig Wärme enthält, und ein noch kälterer Körper enthält noch weniger Wärme, aber auch der kälteste Körper, den wir hervorbringen können, enthält noch etwas Wärme. In dieser Hinsicht darf man sich nicht durch das Gefühl bei der Berührung leiten lassen. Zwei Körper können nach dem Thermometer dieselbe Temperatur haben und doch kann der eine viel kälter anzufühlen sein als der andere. Wenn wir die eine Hand eine Zeitlang in sehr kaltem und die andere in sehr heißem Wasser halten und dann beide in Wasser von gewöhnlicher Temperatur tauchen, so erscheint dieses Wasser der einen Hand heiß und der anderen kalt. Darum dürfen wir uns durch nichts anderes als durch das Thermometer leiten lassen und nicht glauben, daß Kälte etwas anderes als Mangel an Wärme sei.

Wir kehren zu unserem Gegenstande zurück. Wahrscheinlich würden alle Körper, wenn wir sie genug abkühlen, d. h. ihnen genug von ihrer Wärme entziehen könnten, den festen Zustand annehmen; und wenn wir dann jeden von ihnen wieder hinreichend erwärmten, so würde er flüssig werden, und zuletzt, noch weiter erhitzt, sich in Dampf oder Gas verwandeln. Es besteht aber eine große Verschiedenheit zwischen den verschiedenen Körpern in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher sie sich verändern; Eis schmilzt bald, wenn wir Wärme anwenden; Zinn und Blei müssen auf 200 und 300 Grad erhitzt werden, ehe sie schmelzen; Eisen ist schwerer zu schmelzen als Blei, und Platina ist wieder noch schwerer zu schmelzen als Eisen. Man nennt Körper, welche schwer zu schmelzen sind, strengflüssig.

In der folgenden Tabelle ist die Temperatur angegeben, bei der einige der nützlichsten Stoffe anfangen zu schmelzen:

Eis schmilzt bei	0°
Phosphor "	44°
Spermaceti "	49°
Kalium "	58°
Natrium "	97°
Zinn "	235°
Blei "	325°
Silber "	1000°
Gold "	1250°
Eisen "	1500°

Platina ist so schwer zu schmelzen, daß wir nicht angeben können, bei welcher Temperatur dies stattfindet. Kohle aber ist noch schwerer zu schmelzen; selbst in dem heißesten Feuer bleibt die Kohle immer fest, und noch nie hat man

gesehen, daß Kohlen geschmolzen und durch die Roststangen des Ofens durchgetropft wären.

Alle Körper also werden durch die Wärme in derselben Weise verändert. Könnten wir eine hinreichend niedrige Temperatur erreichen, so würden alle Körper fest werden wie Eis, und könnten wir eine hinreichend hohe erreichen, so würden alle gasförmig werden wie Dampf; kurz, die Veränderung, welche stattfindet, ist immer von derselben Art und wir thun am besten, Wasser in dieser Hinsicht als ein Muster aller andern Körper anzuwenden und das Verhalten dieses Stoffes der Wärme gegenüber zu studiren. Dabei wollen wir mit seinem festen Zustand, wenn es in Form von Eis erscheint, anfangen.

58. Latente Wärme des Wassers.

Wir nehmen etwas sehr kaltes Eis, zerstoßen dasselbe in kleine Stücke und bringen die Kugel unseres Thermometers in dieses zerstoßene Eis. Gesetzt den Fall, wir lesen an dem Instrument 20 Grad unter dem Punkt, welchen wir 0° nennen, ab. Erwärmen wir nun das Eis, so wird seine Temperatur, wie die jedes andern festen Körpers unter gleichen Verhältnissen, steigen, bis sie 0° erreicht hat. An diesem Punkt aber wird sie still stehen und nicht mehr steigen, so lange noch etwas Eis übrig ist. Was thut nun die Wärme, da sie doch die Temperatur nicht über diesen Punkt hinaus erhebt? Wir antworten: sie schmelzt das Eis. Zuerst wird alle Wärme verbraucht, um die Temperatur des sehr kalten Eises zu erhöhen; wenn aber die Temperatur desselben auf Null Grad gelangt ist, hat die Wärme eine ganz andere Aufgabe zu erfüllen; nun wird sie ganz dazu verbraucht, das Eis zu schmelzen, und wenn das Eis

geschmolzen ist, hat das Wasser nur eine Temperatur von 0°, denn es ist nicht wärmer als schmelzendes Eis. Wasser bei 0° ist also gleich Eis bei 0° verbunden mit einer Menge Wärme, welche wir latente (verborgene) Wärme nennen, weil sie nicht auf das Thermometer wirkt.

Versuch 40. — Wir können dies beweisen, indem wir etwas zerstoßenes Eis auf eine zinnerne Schale legen und es über einer Lampe erwärmen, bis nur ein klein wenig Eis übrig geblieben ist. Wenn wir dann ein Thermometer in das geschmolzene Eis tauchen, finden wir, daß die Temperatur desselben kaum höher als 0° ist, oder kurz, daß das geschmolzene Eis eben so kalt ist wie das Eis, ehe es schmolz.

59. Latente Wärme des Dampfes.

Wir haben nun unser Eis in Wasser verwandelt. Wenn wir jetzt fortfahren, dieses Wasser zu erwärmen, so wird seine Temperatur in gewöhnlicher Weise steigen, wie die anderer Körper, bis sie den Siedepunkt oder 100° erreicht hat. Dann wird seine Temperatur aufhören zu steigen und wenn wir das Wasser noch mehr erhitzen, so werden wir nichts weiter thun, als es in Dampf verwandeln, dessen Temperatur 100° ist und keine höhere. Denn ebenso wie eine große Wärmemenge dazu gehörte, Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln, so gehört auch eine große Wärmemenge dazu, Wasser von 100° in Dampf von 100° zu verwandeln. Wir sind daher berechtigt zu sagen: Dampf von 100° ist gleich Wasser von 100° verbunden mit einer Wärmemenge, welche wir latent nennen, weil sie nicht auf das Thermometer wirkt.

Versuch 41. — Wir können dies beweisen, wenn wir etwas Wasser in einer Flasche zum Sieden bringen und

das Thermometer erst in das siedende Wasser und dann in den Dampf halten. Dann finden wir, daß beide dieselbe Temperatur haben, oder, mit andern Worten, daß der Dampf nicht wärmer ist als das siedende Wasser.

Wir sehen also, daß Eis latente Wärme braucht, um Wasser zu werden und Wasser wiederum latente Wärme braucht, um Dampf zu werden. Wieviel Wärme nöthig ist, um ein Kilogramm Eis von 0° in ein Kilogramm Wasser von derselben Temperatur zu verwandeln, können wir messen, und finden dabei, daß hierzu ebenso viel Wärme nöthig ist als dazu, die Temperatur von 79 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erhöhen. Das ist es, was wir ausdrücken wollen, wenn wir sagen, daß die latente Wärme des Wassers gleich 79 ist. Ebenso hat man gefunden, daß die latente Wärme des Dampfes 537 ist; d. h. es ist ebenso viel Wärme dazu nöthig, ein Kilogramm Wasser von 100° in Dampf von derselben Temperatur zu verwandeln, wie dazu nöthig ist, die Temperatur von 537 Kilogramm Wasser um einen Grad zu erhöhen.

Es gehört also recht viel Wärme dazu, das Eis zu schmelzen und auch recht viel Zeit, und daß es so ist, ist sehr gut, denn was würde geschehen, wenn Eis beim Schmelzpunkt, noch so wenig erwärmt, sich auf einmal in Wasser verwandelte? Dadurch würde ein großer Theil der Erdkugel unbewohnbar werden, denn das Eis auf den Bergen würde an einem schönen Frühlingsmorgen mit einem Mal flüssig werden und das Wasser würde in so gewaltigen Strömen herunterstürzen, daß es Alles vor sich wegschwemmen und große Strecken tiefliegenden Landes begraben würde. Ebenso ist es sehr gut für uns, daß eine große Wärmemenge dazu erforderlich ist, Wasser beim Siedepunkt in Dampf zu verwandeln; denn, wenn Wasser bei diesem

Punkt, noch so wenig erwärmt, sich mit einem Mal in Dampf verwandelte, würde ja bei jedem Theekessel und bei jedem Kochkessel eine Explosion erfolgen und eine Dampfmaschine wäre eine vollständige Unmöglichkeit.

Wir wissen schon, daß Dampf ein Gas ist, wie Luft, wirklichen Dampf kann man nicht sehen. Wenn das Wasser in einem Kessel stark siedet, sieht man nahe an der Pfeife des Kessels nichts; erst ungefähr einen halben Zoll davon entfernt sieht man eine Wolke. Oder wiederum, wenn eine Lokomotive Dampf herausläßt, sieht man ganz nahe am Schornstein nichts; erst in einer kleinen Entfernung darüber sieht man eine Wolke. Dieses unsichtbare Ding, welches herauskommt, ist wirklicher Dampf, aber die sichtbare Wolke besteht aus sehr kleinen Wassertropfen, die aus dem Dampf entstehen, wenn derselbe abkühlt; sie ist also nicht Dampf, sondern Wasser. Wirklicher Dampf ist unsichtbar wie Luft oder irgend ein anderes Gas.

60. Sieden und Verdampfen.

Wir haben uns bis jetzt mit dem Dampf beschäftigt, welcher ausgegeben wird, wenn Wasser siedet. Wir dürfen uns aber nicht vorstellen, daß kein Dampf ausgegeben wird, ehe es siedet, denn das würde den Thatsachen nicht entsprechen. Wir Alle wissen, daß ein Gefäß mit Wasser, welches auf's Feuer gesetzt wird, lange, ehe es anfängt zu sieden, Dampf ausgibt. Ebenso ist bekannt, daß jeder nasse oder mit Wasser durchtränkte Gegenstand nahe am Feuer trocken wird, d. h. daß sein Wasser in der Form von Dampf entweicht. Wenn nun Dampf ausgegeben wird von nicht kochendem Wasser, so nennt man dies Verdampfen, wenn aber Dampf ausgegeben wird von kochendem Wasser,

so nennt man dies Sieden. Der Unterschied ist einfach dieser: Wenn man Wasser über dem Feuer erhitzt, hat die Wärme zuerst zwei Dinge zu thun. Erstens erhitzt sie das Wasser und zweitens verwandelt sie einen Theil desselben in Dampf; wenn aber die Temperatur des Wassers auf 100° oder den Siedepunkt gestiegen ist, kann das Wasser nicht heißer werden; dann besteht die ganze Wirkung des Feuers darin, das Wasser in Dampf zu verwandeln, und dieser Dampf entweicht nicht nur von der Oberfläche des Wassers, sondern auch aus der Tiefe, und wir hören das Geräusch des Siedens, indem die Dampfblasen durch das Wasser steigen und in die Luft entweichen.

61. Der Siedepunkt hängt vom Druck ab.

Hier ist nun auch der Ort, anzuführen, daß die Temperatur oder Wärme, bei welcher Wasser siedet, kein ganz bestimmter Punkt ist, wie die, bei welcher Eis schmilzt, sondern daß sie vom Luftdruck abhängt. Wenn der Luftdruck verringert wird, siedet Wasser unter 100°. Der Luftdruck auf dem Gipfel eines hohen Berges ist, wie wir schon wissen, geringer, als am Fuße desselben, weil man auf dem Gipfel eine geringere Höhe und daher ein geringeres Gewicht oder geringeren Luftdruck über sich hat. Auf dem Gipfel des Mont Blanc in der Schweiz z. B., der 4 1/2 Kilometer hoch ist, siedet Wasser bei 85°; und wenn ein Reisender versuchen wollte, auf dem Gipfel des Mont Blanc ein Ei in einem Kessel zu kochen, könnte er es Stundenlang kochen, es würde doch nicht hart werden, denn 85° reichen nicht hin, um das Weiße eines Eies hart zu machen.

Würden wir andererseits Wasser auf dem Grunde eines tiefen Bergwerks kochen, so würden wir den Siedepunkt bedeutend über 100° finden.

Versuch 42. — Der folgende sehr einfache Versuch zeigt, daß die Temperatur des Siedepunkts von dem Druck des Gases oder der Luft auf die Oberfläche des Wassers abhängt. Wir wollen eine Glasflasche halb mit Wasser füllen und das Wasser eine Zeitlang sieden lassen, bis der Dampf alle Luft aus dem oberen Theil der Flasche ausgetrieben hat, so daß wir nur Wasser und Wasserdampf in der Flasche haben. Nun wollen wir sie fest verkorken, von der Lampe abnehmen und umkehren, wie in Fig. 26. Wenn sie aufgehört hat zu sieden, nehmen wir einen



Fig. 26.

Schwamm und träufeln etwas kaltes Wasser auf die Flasche, dann fängt das Sieden wieder an. Der Grund hiervon ist, daß, ehe das kalte Wasser darauf geträufelt wurde,

ein bedeutender Dampfdruck auf dem Wasser in der Flasche lag und dieser Druck dasselbe am Sieden verhinderte, das kalte Wasser aber bewirkte, daß dieser Dampf sich verdichtete, sein Druck also verringert wurde, und da Wasser leichter bei niedrigem als bei hohem Drucke siedet, fing es in der Flasche sofort wieder an zu sieden.

Bevor wir diesen Theil unseres Gegenstandes verlassen, will ich anführen, daß einige Körper beim Schmelzen, d. h. wenn sie vom festen in den flüssigen Zustand übergehen, sich ausdehnen, während andere sich zusammenziehen.

Versuch 43. — Hier ist z. B. etwas Eis, welches leichter ist als Wasser, wie daraus hervorgeht, daß das Eis auf dem Wasser schwimmt. Daraus folgt, daß, wenn Eis sich in Wasser verwandelt, eine starke Zusammenziehung stattfindet, und eine große Ausdehnung, wenn beim Vorgang des Frierens Wasser in Eis übergeht. Diese Ausdehnung geht mit großer Kraft vor sich; wenn man ein dickes Eisengefäß mit Wasser füllt und durch einen Hahn verschließt, so kann man dadurch, daß man das Wasser zum Frieren bringt, das Eisengefäß sprengen. Gußeisen zieht sich ebenso wie Eis, zusammen, wenn es schmilzt, oder, was dasselbe bedeutet, dehnt sich aus wie Wasser, wenn es friert oder fest wird. Wenn folglich flüssiges Eisen in eine Form gegossen wird, dehnt es sich beim Festwerden aus, so daß es die Unebenheiten der Form ausfüllt; es kann also mittels einer Form gegossen werden. Gold, Silber und Kupfer hingegen dehnen sich aus, wenn sie schmelzen und ziehen sich zusammen, wenn sie fest werden, daher füllen sie nicht, wie Gußeisen, die Unebenheiten einer Form aus; Münzen, die man aus diesen Metallen macht, können darum nicht gegossen werden, sondern müssen geprägt werden. Alle Stoffe aber dehnen sich sehr stark aus, wenn sie in

Gas verwandelt werden und ein Kubikcentimeter siedenden Wassers wird in beinahe 1700 Kubikcentimeter Dampf verwandelt.

62. Andere Wirkungen der Wärme.

Wir haben gesehen, daß die Wärme die Körper ausdehnt oder sie größer macht und daß sie auch deren Zustand verändert; denn aus festen Körpern werden Flüssigkeiten und aus Flüssigkeiten werden Gase, wenn man fortdauernd Wärme zuführt. Wir haben ferner gesehen, welche Gewalt die Wärme hat, wie durch sie die härteste Eisenstange in eine weißglühende Masse, so weich wie Syrup, und bei stärkerer Erhitzung in Dampf verwandelt wird. Die Wärme übt aber auf die Körper noch viele andere Wirkungen aus, z. B. befördert sie die Thätigkeit der chemischen Anziehung. So verbindet bei niedriger Temperatur Kohle sich nicht mit dem Sauerstoff der Luft, und wir können unsere Kohlen, so lange wir wollen, in unserem Kohlenraum aufbewahren. Wenn man aber Wärme anwendet, so findet die Verbindung statt, und da diese Verbindung ihrerseits Wärme hervorbringt, so geht der Vorgang der Verbindung fort, und man sagt, die Kohle verbrennt.

Ebenso wird in einem Experiment, welches man in der Chemie anstellt und bei welchem Schwefel und Kupfer sich verbinden, zuerst Wärme angewandt, um die Verbindung einzuleiten; wenn aber diese angefangen hat, wird Wärme hervorgebracht, der Vorgang geht von selbst weiter und bedarf nicht mehr der Wärme einer Lampe.

63. Kältemischungen.

In der Chemie wird gelehrt, daß chemische Verbindung Wärme hervorbringt und das ist immer der Fall; nichtsdestoweniger wird zuweilen, wenn zwei Stoffe gemischt werden, die das Bestreben haben, eine Lösung zu bilden, Kälte und nicht Wärme hervorgebracht. So haben gewöhnliches Salz und Schnee das Bestreben, eine Lösung zu bilden und thun das unter Hervorbringung großer Kälte, oder vielmehr indem sie eine sehr große Wärmemenge verschlucken.

Versuch 44. — Um dies zu beweisen, wollen wir etwas schmelzendes Eis oder Schnee mit etwas Salz schnell zusammen mischen und die Kugel unseres Thermometers in die Mischung bringen. Das Quecksilber in der Röhre wird bald unter 0° fallen und dadurch zeigen, daß diese Mischung kälter als schmelzendes Eis ist.

Woher kommt das nun? Die Ursache davon liegt in der Thatsache, daß wir, nachdem diese beiden Substanzen mit einander gemischt worden sind, keinen festen Körper mehr, sondern eine Flüssigkeit, nämlich starke Salzlösung haben. Nun haben wir gesehen, daß Wärme verschluckt oder latent wird, wenn Körper aus dem festen in den flüssigen Zustand übergehen, z. B. wenn Eis Wasser wird. Da also das Salzwasser eine Flüssigkeit ist, so verschluckt es, indem es sich bildet, einen Theil der Wärme des Schnees und Salzes; die Folge ist, daß wir eine sehr kalte Flüssigkeit als das Resultat der Verbindung zweier fester Körper erhalten. Wenn also zwei feste Körper sich in einander auflösen, haben wir oft eine Temperaturerniedrigung, da durch das Flüssigwerden Wärme verschluckt wird. Solche Körper, sagt man, bilden Kältemischungen.

Ebenso ist eine Flüssigkeit, die in sehr schneller Verdampfung begriffen ist, sehr kalt, weil sie sehr vieler Wärme bedarf, um Dampf oder Gas zu werden und diese Wärme sich nimmt, wo sie kann: wenn wir z. B. etwas Aether auf die Hand tropfen lassen, fühlt er sich sehr kalt an und verfliegt bald in Form von Gas; er hat nämlich die Hand einer großen Wärmemenge beraubt, um dieses Gas zu bilden. Man kann zuweilen sehr niedrige Temperaturen oder sehr große Kälte dadurch hervorbringen, daß man gewisse Flüssigkeiten sehr schnell verdampfen läßt.

Versuch 45. Um dies zu beweisen, gieße ich etwas Wasser in ein flaches Gefäß, stelle es zusammen mit einer Schale, welche starke Schwefelsäure enthält, unter die Glasglocke der Luftpumpe und pumpe die Luft aus. Sobald der Luftdruck entfernt ist, verdampft das Wasser sehr schnell und nimmt dazu so viel Wärme von seiner eigenen Substanz, daß es in Eis verwandelt wird.

64. Vertheilung der Wärme.

Jetzt gehen wir zu einem andern Theil unseres Gegenstandes über und betrachten das Bestreben der Wärme, sich zu verbreiten. Ein heißer Körper bleibt nicht immer heiß, sondern gibt den kälteren Körpern, welche ihn umgeben, von seiner Wärme ab, davon läßt er sich nie abhalten; aber er thut es in verschiedener Weise, je nach den Umständen.

Versuch 46. — Wir wollen z. B. ein Schüreisen in's Feuer legen; dann dringt etwas von der Wärme des Feuers in den Theil des Schüreisens, welcher im Feuer ist, und wandert das Schüreisen entlang, bis sie das Ende, welches am weitesten vom Feuer entfernt ist, warm macht, zuletzt so warm, daß wir es nicht mehr anfassen können. Diese

Fortpflanzung der Wärme durch das Schüreisen nennt man **Wärmeleitung.**

Versuch 47. — Wir wollen ferner eine zwei Drittel mit Wasser gefüllte Flasche nehmen und sie von unten erwärmen. Indem die unteren Theilchen erwärmt werden, dehnen sie sich aus und werden dadurch leichter; folglich steigen sie in die Höhe aus demselben Grund, aus dem ein Kork im Wasser in die Höhe steigt, und werden durch kältere, schwerere Theilchen von oben ersetzt. So wird beständig eine neue Reihe Theilchen der Lampenwärme ausgesetzt und im Verlaufe von einiger Zeit ist das ganze Wasser erhitzt und fängt an zu sieden. Diesen Vorgang nennt man **Fortführung der Wärme.**

Keiner von diesen beiden Vorgängen erklärt indessen, wie die Sonnenwärme zu uns kommt. Bei der Leitung so wie bei der Fortführung wird die Wärme durch Theilchen fester oder flüssiger Körper fortgepflanzt, aber wir haben Grund anzunehmen, daß sich keine solche Theilchen zwischen uns und der Sonne befinden, und doch wissen wir, daß das Sonnenlicht sowie die Sonnenwärme weniger als acht Minuten gebraucht, um von der Sonne durch eine Entfernung von etwa 20 Millionen Meilen zu uns zu gelangen. Augenscheinlich bewegt sich also die Wärme, welche von der Sonne zu uns kommt, mit ungeheurer Geschwindigkeit und gelangt nicht dadurch zu uns, daß sie die Theilchen zwischen der Sonne und uns erwärmt. An einem sehr kalten Tage, wenn die Luft sehr kalt und nichts weniger als erwärmt ist, können die Sonnenstrahlen sehr wirksam sein. Den Vorgang nun, durch welchen die Wärme von der Sonne oder irgend einem andern sehr heißen Körper zu uns kommt, nennt man **Wärmestrahlung.**

Wir haben also drei sehr verschiedene Weisen, auf welche

ein erwärmter Körper seine Wärme einem kalten mittheilt, nämlich Leitung, Fortführung und Strahlung. Wir wollen sie der Reihe nach durchnehmen.

65. Wärmeleitung.

Wir haben davon gesprochen, daß, wenn man ein Schüreisen in's Feuer hält, das andere Ende desselben zuletzt zu heiß wird, als daß man es anfassen könnte. Wenn man aber statt eines metallnen Schüreisens oder einer Metallstange eine gläserne oder irdene Stange in's Feuer hält, wird das andere Ende dieser Stange nie sehr heiß, weil Steingut die Wärme bei weitem nicht so gut leitet wie Metall. Wolle und Federn sind noch viel schlechtere Leiter, darum sind diese Stoffe von der Natur zur Bekleidung der Thiere ausgewählt, denn die Wärme eines Thieres ist gewöhnlich größer, als die der umliegenden Substanzen und wird nicht leicht fortgeleitet durch das Kleid von Wolle, Federn oder Pelz, mit welchem das Thier bedeckt ist. Ebenso versehen wir die Treibcylinder der Dampfmaschinen, wenn wir die Wärme darin halten wollen, mit Dampfmänteln, die von einem nicht leitenden Stoff gemacht sind.

Ein schlechter Leiter ist uns aber nicht nur dadurch nützlich, daß er keine Wärme herausläßt, sondern auch dadurch, daß er keine herein läßt; sowie wir z. B. unsern Körper in Flanell hüllen, damit die Wärme nicht aus ihm herausgeht, so hüllen wir auch einen Eisblock, den wir erhalten wollen, in Flanell, damit keine Wärme in ihn hineingeht. Wärme kann nämlich nicht leicht durch Flanell gehen, ob sie nun von innen nach außen oder von außen nach innen geht.

Versuch 48. — Es ist sehr leicht zu zeigen, daß verschiedene Stoffe verschiedene Leitungsfähigkeit für Wärme

haben. Auf der Figur sehen wir zwei Stangen oder Drähte, eine kupferne und eine eiserne, deren Enden zusammenhängen; an diesen Enden werden sie durch eine Lampe erwärmt. Nachdem die Lampe eine Zeitlang gebrannt hat, nehmen wir zwei kleine Stücke Phosphor und legen eines davon auf das von der Flamme am weitesten entfernte Ende der Kupferstange. Es fängt bald Feuer. Nun legen wir das andere Stück auf die Eisenstange in derselben Entfernung von der Lampe wie den brennenden Phosphor und es fängt nicht Feuer. Hieraus sehen wir, daß die Lampenwärme besser durch das Kupfer als durch das Eisen geleitet wird.

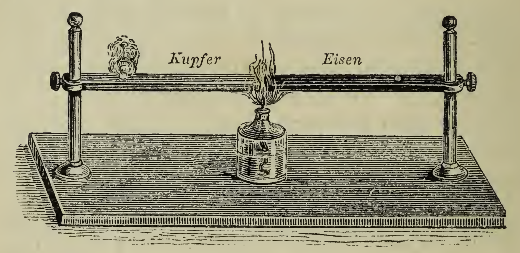


Fig. 27.

Die Wärmeleitung erklärt die Wirkung der Sicherheitslampe, welche von Sir Humphrey Davy zum Gebrauch für Bergleute erfunden wurde; aber diese sehr nützliche Lampe wird in der Chemie erklärt.

66. Fortführung der Wärme.

Wenn wir ein mit Wasser gefülltes Gefäß nehmen und auf seiner Oberfläche ein mit siedendem Oel gefülltes Gefäß schwimmen lassen, finden wir, daß die Wärme des Oels

sehr langsam durch die Flüssigkeit nach unten geleitet wird; ein paar Zoll tiefer ist das Steigen der Temperatur kaum bemerkbar. Wenn wir aber das Gefäß mit Wasser, an=

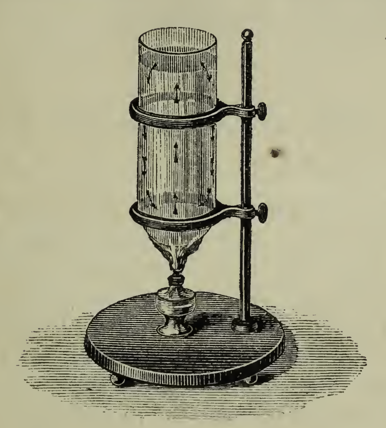


Fig. 28.

statt von oben, von unten erwärmen, wie auf der Figur, so wird in sehr kurzer Zeit das ganze Wasser durch=wärmt und fängt an zu sieden. Wie ich schon gesagt habe, steigen nämlich die erwärmten und dadurch leichter gewor=denen Theilchen in die Höhe und werden durch kältere und schwerere von oben ersetzt, so daß ein Strom entsteht, wie auf der Figur durch die Pfeile angedeutet ist; das er=wärmte Wasser steigt in der Mitte herauf und das kalte Wasser geht an den Seiten hinunter.

Es gibt in der Natur mehrere gute Beispiele von Fort=führung der Wärme; ein See z. B., der an der Oberfläche durch die Wirkung heftiger Kälte abgekühlt wird, ist ein

solches. Die Theilchen an der Oberfläche erkalten zuerst, werden in Folge dessen schwerer, sinken unter und werden durch leichtere und wärmere Theilchen von unten ersetzt, so daß in kurzer Zeit die ganze Wassermasse auf eine Temperatur von ungefähr 4° über dem Gefrierpunkt abgekühlt ist; von nun an dehnt sich das Wasser, wenn es noch mehr abgekühlt wird, gegen die gewöhnliche Regel aus, anstatt sich zusammenzuziehen, und wenn Eis gebildet wird, schwimmt dieses Eis, da es leichter als Wasser ist, auf der Oberfläche.

Wenn nun das Eis schwerer gewesen wäre als das Wasser, so würde es, nachdem es gebildet worden, auf den Grund gefallen sein, eine neue Oberfläche wäre dadurch bloß gelegt und der ganze See bald eine Eismasse geworden. So aber kann die Kälte die zweite Wasserschicht nur dadurch zum Gefrieren bringen, daß sie das Eis der ersten durchdringt. Da nun dies ein sehr langsamer Proceß ist, so ist keine Gefahr vorhanden, daß ein See durch und durch gefröre.

In der Luft haben wir auch starke Strömungen, die durch ungleichmäßige Erwärmung entstehen; in Folge dieser steigt die heiße Luft eines Feuers durch den Schornstein in die Höhe und wird durch kalte Luft aus dem Zimmer ersetzt, und ganz dasselbe haben wir in großem Maßstabe bei dem gewaltigen System der Winde, denn an dem Theil der Erde, welcher Aequator heißt, wo die Sonne am mächtigsten wirkt, steigt die erwärmte Luft ebenso in die Höhe wie die Luft eines Feuers in den Schornstein steigt. Diese Luft wird dann durch Strömungen ersetzt, welche von den Polen oder kälteren Theilen der Erde an der Erdoberfläche wehen. Wir haben also am Aequator ein System nach oben gerichteter Strömungen, welche die heiße Luft in den

oberen Regionen der Atmosphäre zu den Polen hinübertragen, und andere Strömungen, welche an der Erdoberfläche wehen und diese Luft abgekühlt zum Aequator zurückführen. Diese Strömungen an der Erdoberfläche, welche von den Polen nach dem Aequator zu wehen, nennt man Passatwinde.

67. Strahlende Wärme und Licht.

Der dritte Vorgang, durch welchen ein warmer Körper seine Wärme abgibt, ist die Strahlung, und durch diesen Vorgang erreicht die Sonnenwärme unsere Erde. Wir können aber bei unseren Oefen stehen bleiben, um ein Beispiel von diesem Vorgang zu erhalten. Wenn wir vor einem starken Feuer stehen, leiden unser Gesicht und unsere Augen von der Hitze. Selbst von einem mit heißem Wasser gefüllten Kessel geht strahlende Wärme aus, wenn auch seine Wärmestrahlen nicht, wie die des Feuers oder der Sonne, das Auge durchdringen und ihm die Empfindung des Lichts geben. Wenn man also einen Körper, wie z. B. eine Thonkugel, erhitzt, findet Folgendes statt: die Temperatur des Körpers fängt gleich an zu steigen und in Folge dessen gibt er Wärmestrahlen aus, aber diese sind dunkle Strahlen und wirken nicht auf das Auge. Wenn nun die Erwärmung fortgesetzt wird, fangen einige der von dem Körper ausgehenden Strahlen an, auf das Auge zu wirken und der Körper wird rothglühend, hierauf wird er gelbglühend, dann weißglühend und zuletzt glüht er mit einem intensiven Licht, welches dem Sonnenlicht gleicht. Wir wollen uns nun eine kurze Zeit lang mit diesen hellen Strahlen beschäftigen, welche von einem heißen Körper ausgehen.

68. Die Geschwindigkeit des Lichts.

Römer, ein dänischer Astronom, war der erste, welcher die Geschwindigkeit ermittelte, mit welcher das Licht den Raum durchläuft. Um dies zu verstehen, wollen wir uns an das erinnern, was statt findet, wenn ein fernes Geschütz abgefeuert wird. Wir sehen einen Blitz und einige Secunden später hören wir einen Knall. Augenscheinlich erreicht also der Knall das Ohr nicht in demselben Augenblick, in dem das Geschütz abgefeuert wird, weil er hinter dem Licht zurückbleibt. Aber erreicht denn das Licht uns momentan? Kann es nicht sein, daß Licht und Schall zu gleicher Zeit von der Kanone ausgehen, beide etwas Zeit brauchen, um zu uns zu gelangen und das Licht den Wettlauf gewinnt und zuerst ankommt? Dieser Punkt kann nur durch Beobachtung und Versuch entschieden werden, und Römer entschied ihn durch Beobachtung.

Es gibt einen großen Planeten, Jupiter genannt, der zuweilen sehr weit von uns entfernt und uns zuweilen verhältnißmäßig nahe ist. Dieser große Planet hat mehrere Trabanten oder kleine Begleiter, von denen einer in regelmäßigen Zwischenräumen an der Scheibe oder der Oberfläche des Jupiter vorüberzieht, und durch ein starkes Fernrohr können wir sehen, wie der kleine Trabant als ein schwarzer Körper die große Scheibe des Planeten durchkreuzt. Nun fand Römer, daß zu einer Zeit, wo der Jupiter sehr weit von uns entfernt war, der Trabant später als er sollte, hindurchging, und schloß daraus, daß wir auf der Erde den Durchgang des Trabanten über die Scheibe des Jupiter nicht in demselben Augenblick, in dem er statt findet, sehen, sondern daß das Licht Zeit braucht, um vom Jupiter zu unserm Auge zu gelangen, gerade so wie der

Knall eines fernen Geschützes nach dem Abfeuern Zeit braucht, um zu unserm Ohr zu gelangen.

Wir sehen also, daß das Licht, ebenso wie der Schall, Zeit braucht, um sich fortzupflanzen, nur geht das Licht viel schneller als der Schall. Das Licht eilt fort mit der ungeheuern Geschwindigkeit von 40,000 Meilen in der Secunde, während der Schall mit einer Geschwindigkeit von 340 Meter in derselben Zeit wandert. Das Licht braucht nur 8 Minuten, um von der Sonne zu uns zu kommen, obgleich ihre Entfernung von uns 20 Millionen Meilen beträgt. Würde also die Sonne plötzlich erlöschen, so würden wir dies erst 8 Minuten später bemerken.

Wir dürfen uns aber nicht vorstellen, daß das Licht aus kleinen Theilchen bestehe, die von heißen Körpern ausgeworfen werden und mit der ungeheuern Geschwindigkeit von 40,000 Meilen in der Secunde durch den Raum fliegen. Wenn das der Fall wäre, würden wir von einem Lichtstrahl zerschlagen werden. Wenn man sagt, ein Lichtstrahl trete in's Auge, so meint man damit etwas Aehnliches, wie wenn man sagt, ein Schall trete in's Ohr. Wir haben schon erklärt, daß, wenn wir den Knall eines Geschützes hören, dies nicht so zu denken ist, daß kleine Lufttheilchen den ganzen Weg von dem Geschütz zu unserm Ohr durchlaufen. Ebenso, wenn wir einen Lichtstrahl sehen, ist dies nicht so zu denken, daß ein kleines Theilchen von dem leuchtenden Körper in unser Auge geworfen würde. In beiden Fällen geht ein Stoß oder eine Welle über das Medium zwischen uns und dem Körper hin und der Stoß geht weiter von Theilchen zu Theilchen in der Weise, wie wir es bei dem Versuch mit den Elfenbeinkugeln beschrieben haben (Par. 44.).

69. Zurückwerfung des Lichts.

Wenn das Licht auf eine glatte Metalloberfläche trifft, wird es von derselben zurückgeworfen. Wenn wir ein angezündetes Licht vor einen Spiegel halten, sehen wir ein Bild des Lichtes in dem Spiegel, d. h. die Strahlen des Lichts treffen auf den Spiegel und werden von demselben in unser Auge zurückgeworfen, gerade als ob sie von dem Spiegel selbst und nicht von dem Licht kämen.

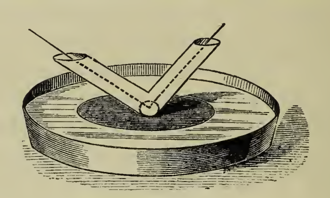


Fig. 29.

Versuch 49. — Um zu verstehen, wie die Zurückwerfung statt findet, wollen wir eine horizontale glatte Metalloberfläche nehmen, etwa Quecksilber in ein flaches Gefäß gießen. Demnächst stellen wir eine gebogene Röhre, die unten offen ist, auf das Quecksilber, wie auf Fig. 29, und lassen das Licht der Kerze an dem rechten Ende in die Röhre eintreten. Wenn wir nun unser Auge vor das linke Ende bringen, sehen wir das Licht der Kerze zurückgeworfen von der Quecksilberoberfläche.

In diesem Versuch geht also das Licht der Kerze in der einen Röhre hinunter, trifft auf die Quecksilberoberfläche und kommt dann in der andern Röhre wieder herauf in das Auge. Damit dies aber geschehen könne, sind zwei Dinge nöthig. Erstens müssen die beiden Röhren dieselbe

schiefe Richtung oder Neigung haben, und zweitens muß die eine Röhre der andern gerade gegenüber liegen, so daß beide in einer Linie mit einander liegen würden, wenn sie plötzlich flach niederfielen. Wenn also ein Lichtstrahl auf eine glatte Fläche trifft, entfernt sich der zurückgeworfene Strahl von der Fläche mit derselben Neigung, mit welcher der einfallende Strahl sich näherte und beide Strahlen würden, platt auf die Oberfläche niedergelegt, eine Linie bilden.

Man kann die Gesetze der Zurückwerfung ohne Geometrie nicht vollständig verstehen, aber durch die folgende Figur werden sie bis zu einem gewissen Grade verständlich. In der Figur ist A ein heller Punkt, von dem Licht ausgeht, und S S ist ein Spiegel. A B, A B′ seien zwei der Lichtstrahlen von A, welche bei B und B′ auf den Spiegel treffen.

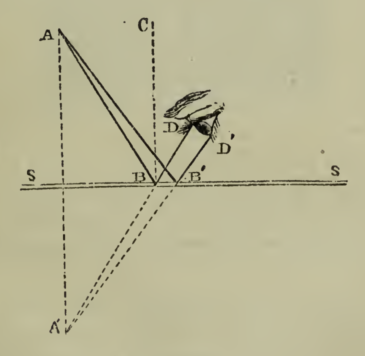


Fig. 30.

Diese treffen dann in das Auge des Beobachters in den Richtungen B D, B′ D′, da die Neigung des einfallenden

Strahles A B gleich der Neigung des zurückgeworfenen Strahles B D und die Neigung des einfallenden Strahles A B′ gleich der Neigung des zurückgeworfenen Strahles B′ D′ ist. Wenn wir uns nun die Richtung der beiden Strahlen B D und B′ D′ unter dem Spiegel verlängert denken, so würden sie in dem Punkte A′ zusammentreffen, welcher ebenso tief unter dem Spiegel liegt, als der leuchtende Punkt A über demselben. Für das Auge scheinen daher die Strahlen von A′ auszugehen, so daß der scheinbare Ort des zurückgeworfenen Bildes A′ ebenso weit hinter dem Spiegel, als der leuchtende Punkt A selbst vor demselben ist.

Daher sehen wir immer, wenn wir gerade vor einem Spiegel stehen, unser eigenes Bild ebensoweit hinter demselben auf der andern Seite, als wir selbst vor demselben stehen; wenn wir uns dem Spiegel nähern, nähert sich das Spiegelbild ebenfalls; wenn wir uns wieder entfernen, entfernt sich das Spiegelbild ebenfalls, u. s. w. Wir bemerken aber einen Unterschied, nämlich, daß unsere rechte Hand die linke Hand des Bildes ist und unsere rechte Seite die linke des Bildes, in anderer Hinsicht ist das Bild eine genaue Kopie von uns.

Auf Fig. 31 sehen wir in dem untern Theil das Bild des obern Theils und bemerken, daß auf dem Bilde die Buchstaben von rechts nach links gehen und nicht von links nach rechts.

Wenn die helle zurückstrahlende Fläche nicht eben ist, entstehen bisweilen sonderbare Bilder. Nehmen wir z. B. die glänzende Quecksilberoberfläche der Thermometerkugel und sehen hinein. Dann sehen wir darin ein sehr kleines verzerrtes Bild von uns und vom ganzen Zimmer, nur sind die weit entfernten Theile des Zimmers außerordentlich klein.

Nehmen wir wieder zwei blanke Hohlspiegel, wie auf Figur 22, bringen aber nicht eine Uhr in den Brennpunkt des einen Spiegels und unser Ohr in den des andern, sondern eine rothglühende Kugel in den Brennpunkt des einen und unsere Hand in den des anderen; dann wird es uns dort bald zu heiß werden.

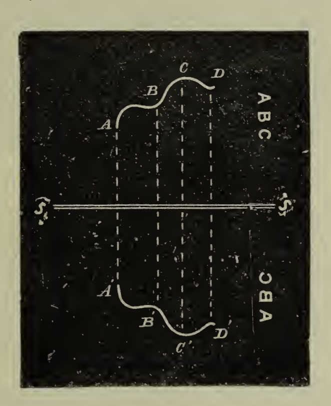


Fig. 31.

Wenn wir zwei große Reflectoren dieser Art hätten und in dem Brennpunkt des einen ein Feuer brennte, könnten wir in dem Brennpunkt des andern ein Beefsteak braten, wenn auch die beiden Reflectoren 20 Meter von einander entfernt wären. Das kommt daher, daß die Wärmestrahlen des Feuers in dem einen Brennpunkt auf den ihm zunächst befindlichen Spiegel fallen und von diesem in solchen Richtungen zurückgeworfen werden, daß sie auf den andern Reflector fallen, von diesem werden sie dann in solchen Richtungen zurückgeworfen, daß sie alle in dem Brenn=

punkte dieses Reflektors zusammengebracht werden. Wir haben also gleichsam das brennende Feuer selbst in dem einen Brennpunkt und ein Bild des Feuers in dem andern, und das Bild ist heiß genug, daß man darin ein Beefsteak braten kann.

70. Die Brechung des Lichts.

Versuch 50. — Ich lege einen kleinen schweren Körper auf den Boden eines irdenen oder zinnernen Kruges und bringe mein Auge in eine solche Lage, daß die Wände des Gefäßes den Körper meinem Auge gerade verbergen; fülle ich nun den Krug mit Wasser, so wird der kleine Körper auf dem Boden mir wieder sichtbar. Woher kommt das? Daher, daß ein Lichtstrahl, welcher von dem kleinen Körper auf dem Grunde des Wassers ausgeht, von seiner Richtung ab gebrochen wird, wenn er die Oberfläche des Wassers verläßt; ich kann daher den kleinen Körper thatsächlich um die Ecke sehen, und wenn dieser ein kleiner Fisch wäre, so könnte er mich auch sehen.

Hieraus geht hervor, daß, wenn ein Lichtstrahl schief auf eine Wasserfläche trifft, er so gebrochen wird, daß er weniger schief ist, nachdem er in das Wasser eingetreten; wenn andererseits ein Lichtstrahl aus dem Wasser austritt, wird er so gebrochen, daß er schiefer ist, nachdem er in die Luft getreten ist. Dasselbe würde statt finden, wenn der Lichtstrahl in eine Oberfläche durchsichtigen Glases anstatt in eine Wasserfläche träte, ein schief treffender Strahl würde weniger schief sein, nachdem er in das Glas eingetreten. Bei einem flachen dicken Stücke Glas, würde der Lichtstrahl den Lauf nehmen, welcher in der umstehenden Figur angegeben ist; wir sehen in derselben, daß sein Weg, ehe

er in das Glas eintrat, und sein Weg, nachdem er das Glas verlassen, in derselben Richtung liegen (wenn auch

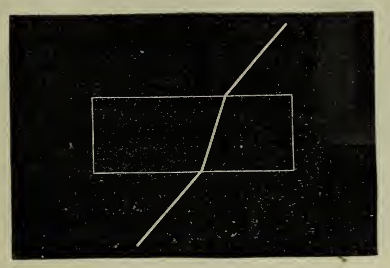


Fig. 32.

nicht auf derselben Linie), während sein Weg in dem Glase eine ganz andere Richtung hat.

Gesetzt aber, das Stück Glas sei nicht flach, sondern keilförmig, es stehe nämlich gerade auf dem Papier auf einer Grundfläche wie Fig. 33 und habe, aufgestellt betrachtet,

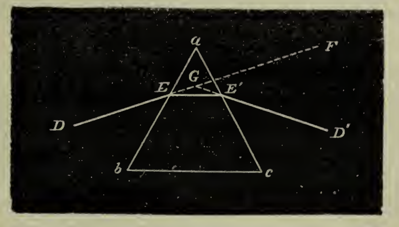


Fig. 33.

das Aussehen wie Fig. 34. Ein solches Stück Glas heißt ein Prisma. Wir wollen nun sehen, in welcher Weise ein Lichtstrahl gebrochen wird, wenn er durch ein Prisma

geht. Dies ist auf Fig. 33 dargestellt, auf welcher man sieht, daß der Strahl zu dem dicken Theil des Prismas hin gebrochen wird. Die Richtung des Strahles wird in der That gänzlich verändert.

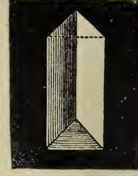


Fig. 34.

Wir sehen also, daß, wenn ein Lichtstrahl durch ein keilförmiges Stück Glas geht, derselbe gegen den dickeren Theil des Keiles gebrochen wird.

71. Die Linsen und die durch sie erzeugten Bilder.

Nun wollen wir die Form des Glasstückes in folgender Weise verändern. Das Glasstück sei kreisförmig wie ein englischer Cake, nur am dicksten in der Mitte und am dünnsten rund herum am Rand, so daß es, von einer Seite betrachtet, wie ein Kreis aussieht, von einer andern aber so wie es Figur 35 zeigt.

A

Fig. 35.

Ein solches Glasstück heißt eine Linse. Gesetzt ein Bündel Lichtstrahlen falle von ferne auf eine Linse. Was wird geschehen? Die Linse wirkt wie ein kreisförmiger Keil; sie ist wirklich ein kreisförmiger Keil, und da sie in der Mitte am dicksten ist, werden die Lichtstrahlen rund um die Linse nach der Mitte zu gebrochen. Sie vereinigen sich in einem Punkt oder wenigstens nahezu in einem Punkt, wie auf der folgenden Figur zu sehen ist.

Wir wollen nun, wenn die Sonne scheint, eine Linse so aufstellen, daß die Sonnenstrahlen voll auf die Oberfläche treffen; diese Strahlen werden dann in einem Punkt oder wenigstens nahezu in einem Punkt auf der andern Seite der Linse vereinigt; bringen wir ein Blatt Papier

an diesen Punkt, so sehen wir ein kleines helles Bild der Sonne, und dieses ist so heiß, daß es das Blatt Papier entzündet, denn die Linse wirkt jetzt wie ein Brennglas.

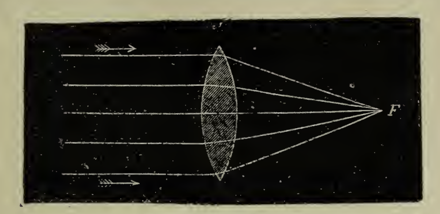


Fig. 36.

Versuch 51. — Eine solche Linse gibt ebenso gut von jedem andern Ding wie von der Sonne ein Bild; ich habe z. B. hier eine Vorrichtung, vermittels welcher die Lichtstrahlen einer Kerze voll auf eine Linse fallen, und ich erhalte auf einem Stück Oelpapier, welches auf der andern Seite der Linse angebracht ist, ein Bild der Kerze, nur, wie wir sehen, ein umgekehrtes. Wenn wir überhaupt irgend etwas Helles in einiger Entfernung vor eine Linse bringen, erhalten wir hinter der Linse ein kleines Bild dieses Gegenstandes. Wenn wir unser Gesicht vor die Linse bringen, ist hinter der Linse ein kleines Bild unseres Gesichts. Ganz dasselbe thut ein Photograph. Er hat einen schwarzen Kasten mit einer Linse an der einen Seite, wie wir auf der folgenden Figur sehen. Er richtet die Linse auf eine Landschaft oder das Gesicht eines Menschen; dann ist in dem Kasten ein kleines Bild der Landschaft oder des Gesichts; das läßt er zuerst auf ein Deckglas fallen, damit er es sehen und erkennen kann, ob es richtig ist. Dann nimmt er dieses Deckglas heraus und schiebt statt seiner eine Glas-

platte hinein, deren Oberfläche mit einer besonderen Substanz, auf welche das Licht wirkt, bedeckt ist. Das Bild in dem Kasten fällt nun gerade auf diese empfindliche chemische Substanz, die hellen Theile des Bildes wirken auf die

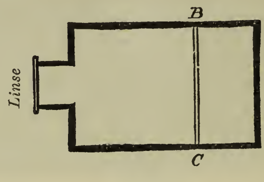


Fig. 37.

Oberfläche und verändern ihre Beschaffenheit, aber die dunklen Theile nicht. Hierdurch prägt das Bild einen Abdruck von sich auf die Substanz, aber in diesem Abdruck erscheinen die hellen Theile des Bildes dunkel und die dunklen hell, daher nennt man es ein Negativ. Von diesem Negativ werden nachher die gewöhnlichen Bilder oder Positive abgenommen.

72. Die Vergrößerungsgläser.

Vermittels einer Linse kann man jeden sehr kleinen Gegenstand vergrößern; sie spielt dann die Rolle eines Vergrößerungsglases, mit welchem Jeder ohne Zweifel bekannt ist. Zu diesem Zwecke müssen wir das Glas sehr nahe an den Gegenstand, welcher vergrößert werden soll, hinanbringen. Wir könnten z. B. nicht durch ein derartiges Vergrößerungsglas einen fernen Gegenstand wie z. B. einen Planeten oder den Mond vergrößern, sondern wir können damit nur etwas, das in unserer Nähe ist, vergrößern. Wenn wir einen Planeten oder den Mond

vergrößern wollen, müssen wir zwei Gläser anwenden, ein großes Glas, durch welches wir ein Bild des Planeten oder des Mondes erhalten — ebenso wie wir durch ein Brennglas ein Bild der Sonne erhalten — und ein Vergrößerungsglas, durch welches wir das Bild, welches das andere Glas uns geliefert hat, untersuchen und vergrößern.

Wenn wir also einen nahen Gegenstand vergrößern wollen, gebrauchen wir ein Vergrößerungsglas; wenn wir aber einen fernen Gegenstand vergrößern wollen, müssen wir zuerst, vermittels einer Linse, ein nahes Bild des fernen Gegenstandes hervorbringen, dann können wir dieses Bild, indem wir es gerade so behandeln wie den Gegenstand selbst, mittels eines Vergrößerungsglases untersuchen und vergrößern. Diese Verbindung zweier Gläser, von denen das eine uns ein Bild eines fernen Gegenstandes liefert, und das andere dieses Bild vergrößert, nennt man ein Fernrohr. Beim Gebrauch sind diese Gläser in Röhren eingeschlossen, um Nebenlicht abzuhalten.

73. Verschiedene Lichtarten werden verschieden gebrochen.

Ich habe oben gezeigt, wie ein Lichtstrahl beim Durchgang durch ein Prisma gebrochen wird. Ich muß jetzt hinzufügen, daß diese Brechung nicht für jede Lichtart dieselbe ist. Auf Figur 38 sieht man, wie ein rother Lichtstrahl gebrochen wird, wenn er durch ein Prisma geht. Ist der Strahl orange anstatt roth, so wird er noch etwas mehr von seiner ursprünglichen Richtung hinweggebrochen, gelb noch mehr, grün noch mehr als gelb, hellblau noch mehr als grün, dunkelblau wieder mehr als hellblau und violett noch mehr als dunkelblau. Ist nun der Strahl ein zusam=

mengesetzter, welcher diese sieben Farben (roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau und violett) gemischt enthält, so wird jede von ihnen, wenn sie aus dem Prisma austritt, anders gebrochen als ihre Nachbarn, und wird daher von diesen getrennt, obgleich sie vermischt waren, als sie in das Prisma eintraten. Ein Prisma löst also einen zusammengesetzten Lichtstrahl in seine Elemente auf, indem es die verschiedenen Farben von einander trennt.

Es wird uns zuerst überraschen, wenn wir hören, daß weißes Licht, wie z. B. das Sonnenlicht, in Wirklichkeit aus einer Mischung all' der verschiedenen Farben besteht, welche ich oben angegeben habe: roth, orange, gelb u. s. w., etwas Nachdenken überzeugt uns aber bald, daß dies in der That der Fall ist. Wir Alle kennen das prachtvolle Farbenspiel, welches man an Thautropfen, Krystallen und Edelsteinen sieht, wenn Lichtstrahlen auf dieselben fallen. Dann funkeln sie in allen Farben des Regenbogens, und gerade dieser Ausdruck bringt uns darauf, zu fragen, ob die Regenbogenfarben nicht dieselbe Ursache haben, wie die Farben der Edelsteine. Läßt nicht schon sein Name auf das Vorhandensein einer Menge winziger Wassertropfen im Himmel schließen, wie sie im Grase uns gleich unzähligen Diamanten entgegenscheinen? Entsteht nicht all' diese Pracht aus derselben Ursache? Und wenn dem so ist, was ist die Ursache? Wir verdanken ihre Entdeckung Sir Isaak Newton, welcher zuerst zeigte, daß weißes Licht wirklich aus einer großen Zahl verschieden gefärbter Strahlen zusammengesetzt ist, und daß diese Strahlen bei ihrem Durchgang durch gewisse Stoffe von einander getrennt werden. Das Prisma macht es uns möglich, wie wir schon gesagt haben, die verschiedenen farbigen Strahlen

eines zusammengesetzten Strahles von einander zu trennen.

Gesetzt z. B. wir hätten in dem Laden eines dunklen Zimmers einen schmalen verticalen oder von oben nach unten gehenden Spalt, durch welchen wir das volle Sonnenlicht fallen lassen; in Fig. 38 haben wir einen Plan von dieser Vorrichtung, wie sie uns erscheint, wenn wir von oben oder gleichsam aus der Vogelperspective auf sie herabsehen.

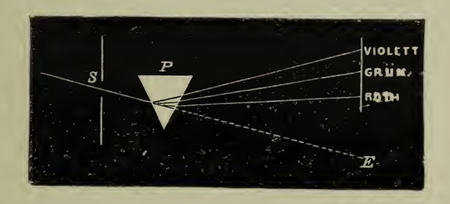


Fig. 38.

Denken wir uns nun zunächst das Prisma fort und schauen von E aus durch den Spalt in dem Laden bei S, so sehen wir einen hellen Spalt und weiter nichts. Der Spalt dient uns als eine Oeffnung, durch welche wir die helle Sonne draußen sehen können. Jetzt bringen wir das Prisma an seinen Ort, wie in der Abbildung; wenn wir das gethan haben, sieht unser Auge in E nicht mehr den Spalt. Bewegen wir aber unser Auge nach dem dicken Theil des Prismas hin, so fangen wir zuletzt das Licht aus dem Spalt auf, aber es sieht nun ganz anders aus. Es tritt jetzt nicht in unser Auge in der Form eines hellen dünnen Spaltes, wie vorhin, sondern es erscheint als ein breites, vielfach gefärbtes Lichtband, welches mit roth an dem einen Ende anhebt und allmählich der Reihe nach durch orange, gelb,

grün, hellblau und dunkelblau in violett am andern Ende übergeht.

Alles dies erklärt sich leicht durch das, was wir schon gesagt haben, wenn wir bedenken, daß weißes Sonnenlicht in Wirklichkeit aus all' den verschiedenen Farben zusammengesetzt ist. Demnach werden die Strahlen bei ihrem Durchgang durch das Prisma nicht nur gebrochen, sondern sie werden verschieden gebrochen. Jede verschiedene Lichtart gibt ihren besonderen Spalt an einer besonderen Stelle. Daher haben wir eine Menge kleiner heller Bilder von dem Spalt, welche neben einander liegen und nun nicht einen Spalt, sondern ein Lichtband bilden, und zwar liegt das Roth am einen Ende, weil die rothen Strahlen am wenigsten gebrochen werden, und das Violett am andern Ende, weil die violetten Strahlen am meisten gebrochen werden. Dieses verschieden gefärbte Lichtband heißt ein Spectrum, und wenn wir das Sonnenlicht anwenden, um unseren Spalt zu erhellen, so erhalten wir das Sonnenspectrum.

74. Wiederholung.

Wir haben nun recht viel über strahlende Wärme und Licht gelernt. Erstens haben wir gesehen, daß die Körper, wenn man anfängt, sie zu erhitzen, zuerst dunkle Strahlen ausgeben, daß aber, wenn man die Temperatur noch mehr erhöht, die Strahlen leuchtend werden und auf das Auge wirken. Dann habe ich etwas über die Zurückwerfung dieser Strahlen von glatten Oberflächen gesagt. Ich habe weiter gezeigt, daß die Richtung der Strahlen geändert wird, wenn sie durch Wasser oder Glas gehen, und daß ein Glasprisma sie zu seinem dicksten Theil hinbricht. Ferner haben wir gesehen, daß eine Linse alle Strahlen rund herum nach

ihrem Mittelpunkt oder dicksten Theil hin bricht, daß wir ein kleines helles Bild der Sonne erhalten, wenn wir das Sonnenlicht auf eine Linse fallen lassen, und daß dieses Bild ein Blatt Papier anzünden oder die Hand verbrennen kann.

Weiter haben wir gesehen, daß wir auch vom Mond oder einem Planeten durch eine Linse ein solches Bild erhalten; daß, wenn wir uns einem solchen Bilde mit einem Vergrößerungsglase nähern und in dieses hineinsehen, wir einen sehr großen Mond oder Planeten erblicken; daß endlich diese Verbindung zweier Gläser ein Fernrohr genannt wird. Schließlich habe ich gezeigt, daß verschiedenfarbige Lichtstrahlen durch ein Prisma nach verschiedenen Stellen hin gebrochen werden, so daß ein Prisma alle Elemente eines zusammengesetzten Lichtstrahls von einander trennt.

Ehe wir nun schließen, wollen wir ein wenig die Natur der Wärme studiren.

75. Die Natur der Wärme.

Wir haben schon die Wärme mit dem Schall verglichen und gesehen, daß ein erwärmter Körper Energie besitzt. Wir nehmen jetzt den Vergleich noch einmal auf. Beim Schall haben wir zwei Dinge zu studiren: erstens den Körper, welcher schwingt, und zweitens die Stöße, welche dieser Körper durch die Luft unserm Ohr zuschickt, und durch welche wir einen Schall hören.

Nun haben wir gesehen, daß bei einem erwärmten Körper die kleinen Theilchen sich in sehr schneller Schwingung befinden und daß ebenso, wie von einem schwingenden Körper Schall ausgeht, welcher auf das Ohr wirkt, von einem erwärmten Körper Licht ausgeht, welches auf das Auge

wirkt. Wie bringt man aber einen Körper in Schwingung, z. B. eine Trommel oder eine Glocke? Dadurch, daß man demselben einen Schlag gibt. Man läßt den schweren Hammer schnell gegen die Wand der Glocke fallen, dann fängt sie an zu schwingen; dieser Hammer nun ist, ehe er die Glocke trifft, ein Körper in schneller Bewegung, besitzt also Energie und kann Arbeit leisten. Was wird aber aus seiner Energie, nachdem er die Glocke getroffen hat? Er hat seine eigene Energie an die Glocke abgegeben, denn die Glocke schwingt jetzt, und ein schwingender Körper besitzt, wie wir schon wissen, Energie. Die Energie des der Glocke gegebenen Schlages ist also nicht verloren gegangen, sondern nur von dem Hammer auf die Glocke übertragen. Angenommen aber, ein Schmied legt ein Stück Blei auf den Amboß und läßt seinen Hammer mit einem schweren Schlag darauf niederfallen, dann hören wir einen dumpfen Schall; aber es erfolgt keine Schwingung, wie bei der Glocke. Was wird nun in diesem Falle aus der Energie des Schlages? Sie wird nicht, wie bei der Glocke, in Schwingungen umgesetzt, welche das Ohr treffen; in was wird sie also verwandelt? Oder wird sie überhaupt in irgend etwas verwandelt? Die Antwort ist: sie wird in Wärme verwandelt. Der Schlag hat das Blei erwärmt und alle seine Theilchen in Schwingung versetzt, wenn auch nicht in derselben Weise wie bei der Glocke; und wenn der Schmied lange genug auf das Blei schlägt, kann er es sogar schmelzen.

Manche von uns haben gewiß schon viel Energie aufgewandt, um einen Knopf blank zu reiben. Was ist nun aus all' der Energie geworden, welche wir auf den Knopf verwandt haben? Wir antworten: sie ist in Wärme umgesetzt, wie wir leicht finden können, wenn wir den Knopf schnell auf den Rücken unserer Hand legen.

Versuch 52. Um zu zeigen, wie die Energie eines Schlages in jene andere Art Energie, welche man Wärme nennt, verwandelt wird, nehmen wir eine an der Spitze mit Phosphor versehene Wachskerze, welche man auch Vesta nennt, legen sie auf das Estrich und schlagen einmal mit einem Hammer oder Stein darauf; dann finden wir, daß die entwickelte Wärme hinreicht, um den Phosphor zu entzünden.

Reibung bringt also Wärme hervor, und in einer dunklen Nacht kann man bemerken, daß aus der Bremse, welche die Bewegung eines Eisenbahnzuges aufhält, Funken fliegen.

In all' solchen Fällen wird sichtbare Energie in diejenige Form der Energie, welche wir Wärme nennen, verwandelt, und der Unterschied zwischen beiden ist, daß bei sichtbarer Energie der Körper sich als ein Ganzes bewegt und alle seine Theilchen sich in demselben Augenblicke in derselben Richtung bewegen, während bei der Wärme die verschiedenen Theilchen sich schnell vor- und rückwärts bewegen und der Körper, als ein Ganzes, in Ruhe bleibt. Sichtbare Energie kann also in Wärme verwandelt werden, außerdem aber kann Wärme theilweise wieder in sichtbare Energie verwandelt werden. Was leistet z. B. bei einer Dampfmaschine alle Arbeit? Ist es nicht das Feuer, welches das Wasser im Kessel erhitzt? Hierbei verwandelt sich ein Theil der Wärme-Energie der brennenden Kohlen wirklich in die sichtbare Energie, mit welcher der Kolben sich auf- und niederbewegt und das Schwungrad sich dreht. Alle Arbeit, welche von Dampfmaschinen geleistet wird, ist Arbeit, welche aus Wärme entsteht. Man kann also nicht nur sichtbare Energie in Wärme, sondern auch umgekehrt, wie bei der Dampfmaschine, Wärme wieder in sichtbare Energie verwandeln.

Elektrisirte Körper.

76. Leiter und Nichtleiter.

Man wußte schon vor mehr als zweitausend Jahren, daß ein Stück Bernstein, wenn es mit Seide gerieben wird, leichte Körper anzieht, und Dr. Gilbert zeigte vor ungefähr dreihundert Jahren, daß viele andere Körper, wie z. B. Schwefel, Siegellack und Glas, dieselbe Eigenschaft wie Bernstein haben.

Hier sehen wir den schwachen, unscheinbaren Anfang unserer Kenntniß von der Elektricität, eine Kenntniß, welche sich in letzter Zeit so wunderbar erweitert hat, daß wir durch sie im Stande sind, Nachrichten von Europa in weniger als einer Sekunde nach Amerika zu schicken.

Versuch 53. Wir nehmen einen mit einem Glasstiel versehenen Metallstab und reiben das Glas mit einem Stück Seidenzeug, wobei Glas und Seide warm und ganz trocken sein müssen. Das Glas hat hierdurch die Fähigkeit erhalten, kleine Schnitzel Papier oder Hollundermark anzuziehen, aber nur an der Stelle, wo es gerieben ist. Das Glas hat also durch die Reibung eine neue Eigenschaft erhalten, aber diese Eigenschaft kann sich nicht über seine Oberfläche ausbreiten. So viel vom Glas. Jetzt nehmen wir den Metallstab und berühren mit demselben den Conduktor einer arbeitenden Elektrisirmaschine, dann finden wir, daß der Metallstab dieselbe Eigenschaft erlangt hat, wie das Glas, d. h. er zieht leichte Körper, wie Papier oder Hollundermark, an, aber alle Theile des Metallstabes haben dieselbe Eigenschaft und nicht nur der Theil, welcher die Elektrisirmaschine berührt hat. Elektricität kann sich nämlich über eine Metallfläche

verbreiten, während sie sich über eine Glasfläche nicht verbreiten kann. Glas ist daher, wie man sagt, ein Nichtleiter der Elektricität, Metall hingegen ist ein Leiter. Weder Wärme noch Elektricität können sich leicht über Glas verbreiten, aber beide verbreiten sich leicht über Metall; Holzkohle, Säuren, lösliche Salze, Wasser und thierische Körper sind ebenfalls gute Leiter der Elektricität, wenn auch nicht so gute, wie die Metalle; andererseits sind Caoutschuk, trockene Luft, Seide, Glas, Wachs, Schwefel, Bernstein und Schellack sämmtlich sehr schlechte Leiter.

Wenn uns die Versuche mit der Elektricität gelingen sollen, so ist es durchaus nothwendig, daß wir die Elektricität festhalten, wenn wir sie einmal haben; wir müssen sie auf allen Seiten mit Nichtleitern umgeben. Daher ist es sehr wichtig, daß wir unsere Versuche in trockener Luft machen und daß wir den Körper, welcher die Elektricität besitzt, auf eine Glasstütze stellen.

77. Die beiden Arten der Elektricität.

Versuch 54. Wir wollen uns jetzt davon überzeugen, daß es 2 entgegengesetzte Arten von Elektricität gibt. Um dies zu zeigen, benutzen wir den Apparat, welcher auf Fig. 39 abgebildet ist; er besteht aus einer Kugel von Hollundermark, die mittels eines Seidenfadens an ein Glasgestell gehängt ist. Zunächst reiben wir einen Glasstab mit Seide und berühren mit dem so geriebenen Stab die Hollundermarkkugel. Dann theilt das Glasende der Hollundermarkkugel Elektricität mit, welche aus dieser nicht entweichen kann, weil der Seidenfaden, das Glasgestell und die Luft rund um die Kugel, wenn sie trocken ist, sämmtlich schlechte Leiter sind. Wir können nun bemerken, daß, nachdem der Glasstab die Markkugel berührt hat, diese Kugel nicht mehr

von dem Glasstabe angezogen, sondern im Gegentheil von ihm abgestoßen wird. Jetzt wollen wir eine Stange Siegellack mit einem Stück warmen trockenen Flanells reiben und die so geriebene Stange in die Nähe der Markkugel bringen, dann finden wir, daß die Markkugel, welche von dem erregten Glas abgestoßen wurde, von dem erregten Siegellack angezogen wird.

Hieraus geht hervor, daß eine Hollundermarkkugel, welche man mit erregtem Glas berührt hat, von erregtem Glas abgestoßen, aber von erregtem Siegellack angezogen wird. Wenn wir nun die Reihenfolge unserer Versuche umgekehrt und zuerst die Hollundermarkkugel mit erregtem Siegellack anstatt mit erregtem Glas berührt hätten, so würde sie nach-

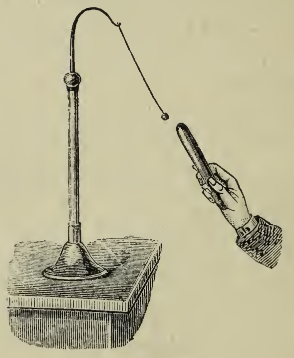


Fig. 39.

her von erregtem Siegellack abgestoßen, aber von erregtem Glas angezogen worden sein.

Wir lernen hieraus, daß es zwei Arten von Elektricität gibt, nämlich diejenige, welche wir aus erregtem Glas und diejenige, welche wir aus erregtem Siegellack erhalten.

Als wir die Hollundermarkkugel mit erregtem Glas berührten, theilten wir derselben einen Theil der Elektricität des Glases mit, und daraus, daß sie später von erregtem Glas abgestoßen wurde, schließen wir, daß Körper, welche mit derselben Art von Elektricität geladen sind, sich gegenseitg abstoßen. Andererseits wird die Hollundermarkkugel, wenn sie durch erregtes Glas geladen ist, von erregtem Siegellack angezogen, und wenn sie durch erregtes Siegellack geladen ist, so wird sie von erregtem Glas angezogen; hieraus schließen wir, daß Körper, welche mit entgegengesetzten Arten von Elektricität geladen sind, sich gegenseitig anziehen

78. Sie sind in verbundenem Zustande in nicht erregten Körpern vorhanden.

Wir können annehmen, daß jede Substanz diese beiden Arten von Elektricität gemischt enthält, und daß wir durch das Reiben nur die beiden Elektricitäten von einander trennen. Wenn wir daher ein Stück Siegellack mit einem Stück Flanell reiben, thun wir nichts weiter, als daß wir die beiden Arten von Elektricität von einander trennen, wobei die eine Art auf dem Siegellack, die andere auf dem Flanell bleibt. In gleicher Weise thun wir, wenn wir Glas mit Seide elektrisch machen, nichts weiter, als daß wir die beiden Elektricitäten trennen, wobei die eine auf dem Glas bleibt, indeß die andere an der Seide haftet. Dasselbe geschieht in allen Fällen, in welchen Elektricität durch Reibung entwickelt wird, und es ist unmöglich, die eine Elektricität hervorzubringen, ohne zu gleicher Zeit ebenso viel von der andern hervorzubringen.

Kurz, wir schaffen keine Elektricität, sondern nach dieser

Ansicht trennen wir nur die beiden entgegengesetzten Arten von einander.

Die Elektricität, welche sich in einer Glasstange zeigt, wenn diese mit Seide gerieben wird, heißt die positive, und diejenige, welche in einer Siegellackstange erscheint, wenn diese mit Flanell gerieben wird, heißt die negative. Dies sind blos Ausdrücke, welche man braucht, um die beiden Arten der Elektricität von einander zu unterscheiden.

79. Die Wirkung erregter Körper auf nicht-erregte.

Wir haben gesehen, daß gleichartige Elektricitäten sich abstoßen, während Elektricitäten von entgegengesetzter Art sich anziehen, nun müssen wir noch erklären, was in folgendem Fall vor sich geht. Es sei A (Fig. 40) eine große hohle Messingkugel, und das Rohr links von derselben sei ebenfalls aus Messing, außerdem mögen beide von Glasstützen gehalten werden, so daß keine Elektricität, welche A besitzt, entweichen kann.

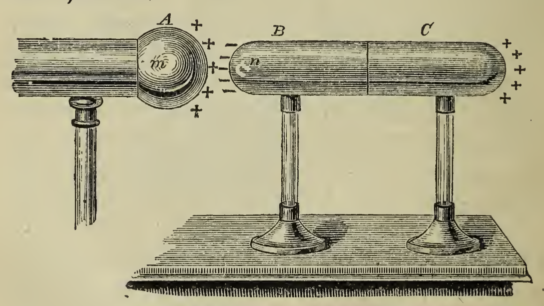


Fig. 40.

Nun seien B und C zwei Körper, deren obere Theile aus Messing bestehen und die nur in dem mittleren Theil, da

wo der Strich auf der Abbildung gezogen ist, getrennt werden können; ferner mögen B und C auf Glasfüßen stehen, so daß keine Elektricität, welche einer von ihnen besitzt, entweichen kann.

Möge nun A eine Ladung positiver Elektricität erhalten haben und B und C indessen unelektrisch sein. Jetzt schieben wir B und C gegen A hin. Da B und C nicht elektrisirt sind, so sind ihre Elektricitäten nicht von einander getrennt, sondern gemischt; schieben wir nun diese Körper gegen A hin, so zieht die positive Elektricität von A die negative Elektricität von C zu sich hin und stößt die positive in die äußerste rechte Seite von C ab, wie auf der Figur angegeben ist.

Wenn wir jetzt C von B fortnehmen und hierauf B von A, so haben wir eine Quantität negativer Elektricität auf B und eine Quantität positiver auf C, getrennt von einander, und die Elektricität auf A ist dabei dieselbe geblieben wie vorhin.

Wir haben die Elektricität auf A dazu benutzt, die beiden Elektricitäten in B und C von einander zu trennen, und A ist noch eben so bereit, wie vorhin, uns wieder zu helfen. Diese Wirkung oder Hülfe aus der Ferne, welche wir von der Elektricität des Körpers A erhalten, um die Elektricität in B und C zu scheiden, nennt man die elektrische Induktion.

80. Der elektrische Funke.

Wir können aber unsern Versuch in einer etwas andern Weise ausführen. Wir bringen B und C ganz allmählig langsam A näher. Wenn A und B sehr nahe bei einander sind, so ist die positive Elektricität des Körpers A von der negativen, welche wir in B zum Vorschein gebracht haben, nur

durch eine dünne Luftschicht getrennt, und zuletzt werden die beiden Elektricitäten so stark, und die Luftschicht so dünn, daß jene zusammenstürzen und sich in Form eines Funkens vereinigen. Die Folge ist, daß A einen Theil seiner positiven Elektricität und B seine ganze negative verloren hat. Wenn wir nun B und C von A entfernen, so haben wir noch die positive Ladung auf C, welche nicht entwichen ist; C hat in der That, als A einen Theil seiner positiven Elektricität verlor, eben soviel gewonnen, so daß der schließliche Erfolg derselbe ist, als wenn ein Theil der Elektricität von A auf C übergegangen wäre.

81. Verschiedene Versuche.

Was wir eben über die elektrische Induktion gesagt haben, können wir leicht durch ein paar einfache und schlagende Versuche näher erläutern; wir müssen aber darauf aufmerksam machen, daß bei all' diesen Versuchen das Glas des Apparates ganz trocken und warm sein muß.

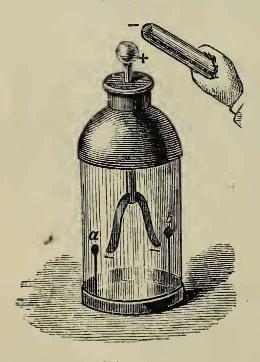


Fig. 41.

Versuch 55. — Auf der Abbildung hier sehen wir ein Instrument, durch welches wir das Vorhandensein von Elektricität entdecken können; es heißt das Goldblatt-Elektroscop. Um seine Wirkung zu zeigen, theile ich zuerst dem Knopf an der Spitze (siehe Anhang) eine kleine Ladung positiver Elektricität mit. Diese Ladung verbreitet sich in die Goldblätter, welche mit dem Knopf in elektrischer Verbin-

dung stehen, und da diese Blätter beide nun mit derselben Art der Elektricität geladen sind, stoßen sie sich ab, wie wir auf der Figur sehen. Nun ist das Elektroscop in Thätigkeit.

Versuch 56. — Nachdem wir auf diese Weise das Elektroscop mit positiver Elektricität geladen haben, bringen wir in die Nähe seines Knopfes eine erregte Glasstange, dann gehen die Goldblätter noch mehr auseinander. Die Ursache hiervon ist, daß die positive Elektricität des erregten Glases die neutrale Elektricität des Knopfes zerlegt, indem sie die negative zu sich hinzieht, und die positive in die Goldblätter treibt.

Waren daher die Blätter vorher schon mit positiver Elektricität geladen, so gehen sie jetzt noch weiter auseinander.

Versuch 57. — Bringen wir hierauf eine erregte Siegellackstange in die Nähe des wie vorhin mit positiver Elektricität geladenen Elektroscopknopfes, so werden wir zuerst bemerken, daß die Goldblätter zusammenfallen, anstatt auseinander zu gehen. Der Grund hievon ist, daß die negative Elektricität des erregten Siegellacks die neutrale Elektricität des Knopfes zerlegt, die positive zu sich anzieht und die negative in die Goldblätter treibt. Da aber die Goldblätter vorher mit positiver Elektricität geladen waren, wird ein Theil dieser Ladung durch die hineingetriebene negative Elektricität neutralisirt, und in Folge dessen fallen sie zusammen.

Versuch 58. — Hier haben wir eine hohle Messingkugel oder einen Conductor, der von einem isolirenden Glasfuß gehalten wird. Bringen wir nun diesen isolirten Conductor in die Nähe der geladenen Elektrisirmaschine, so erhalten wir einen Funken, aber einen sehr schwachen. Berühren wir hingegen mit unserm Finger den Theil der hohlen Kugel,

welcher am weitesten von der Maschine entfernt ist, so wird der der Kugel gegebene Funke viel stärker.

Hierdurch erklärt sich das, was wir in Par. 80 über die Ursache des Funkens sagten. Die positive Elektricität der Maschine zieht die negative der hohlen Kugel zu sich hin und treibt die positive so weit wie möglich fort. Wenn aber diese Kugel isolirt ist, kann die positive nicht weit genug weggetrieben, die beiden Elektricitäten können nicht hinreichend getrennt werden und in Folge dessen erhalten wir nur einen schwachen Funken. Wenn wir aber die hohle Kugel berühren, wird die positive Elektricität der Kugel durch unsern Körper in die Erde getrieben, die Elektricitäten werden gut geschieden, und wir erhalten einen starken Funken.

82. Wirkung der Spitzen.

Wenn wir beim letzten Versuch fortfahren, die Messingkugel zu berühren, und die Elektrisirmaschine unterdessen gedreht wird, so geht eine Reihe von Funken durch unsern Körper in die Erde, und diese bringen in uns eine ziemlich unangenehme Empfindung hervor. Der Funke der Elektrisirmaschine kann mit einem Blitz verglichen werden, denn ein Blitz ist in der That ein sehr langer Funken. Wie nun, wenn ein Mann vom Blitz getroffen wird, die Elektricität durch seinen Körper in die Erde übergeht, ebenso geht dieselbe durch unsern Körper in die Erde, wenn wir die Kugel bei dem letzten Versuche berühren.

Versuch 59. Wir befestigen jetzt eine Spitze an der hohlen Kugel, stellen die Spitze dem Conductor der Maschine gegenüber und berühren dann wie vorhin die Kugel mit unserm Finger. Es wird nun ganz unmöglich sein, einen Funken aus der Maschine zu ziehen, statt dessen haben wir ein ununterbrochenes Ueberströmen der Elektricität. Jeder

zugespitzte Körper führt nämlich die Elektricität ebenso schnell fort, wie sie hervorgebracht wird, und läßt ihr keine Zeit, sich so anzusammeln, daß sie einen Funken bilden könnte.

Hierdurch wird nun der Nutzen der zugespitzten metallischen Leiter verständlich, welche auf hohen Gebäuden angebracht sind, um dieselben vor dem Blitzstrahl zu schützen. Diese zugespitzten metallischen Leiter, welche in die Erde hinuntergehen, führen die Elektricität geräuschlos fort, wie die Spitze beim Versuche 59 es that; und ebenso wie in dem einen Fall die Spitze meinen Finger vor dem Funken schützte, so schützt im andern Fall der Blitzableiter das Gebäude vor dem Blitzstrahl.

Franklin, ein amerikanischer Gelehrter, fand zuerst, daß der Blitz und der elektrische Funke eins und dasselbe sind mit dem einzigen Unterschied, daß jener oft eine Meile und dieser nur ein paar Zoll lang ist.

83. Die Elektrisirmaschine.

Wir sind jetzt hinreichend vorbereitet, um die Construction einer Elektrisirmaschine zu verstehen. Diese Maschine besteht aus zwei Theilen: vor Allem haben wir eine Einrichtung, Elektricität hervorzubringen, und dann eine Einrichtung, dieselbe anzusammeln.

Eine der besten bekannten Maschinen ist die, bei welcher die Elektricität durch eine große, sich drehende Glasscheibe hervorgebracht wird, wie auf Fig. 42. Wenn die Glasscheibe gedreht wird, reibt sie sich gegen zwei Paar Reibkissen, von denen eins oben und eins unten angebracht ist. Diese Reibkissen werden gewöhnlich aus Leder gemacht und mit Pferdehaar gestopft, so daß sie ziemlich fest gegen das Glas drücken.

Sie sind mit einem weichen Metall überzogen, welches auf das Leder gestrichen wird; dieses Metall wird gewöhnlich aus einer Mischung von einem Theil Zink, einem Theil Zinn und zwei Theilen Quecksilber hergestellt. Eine Metall-

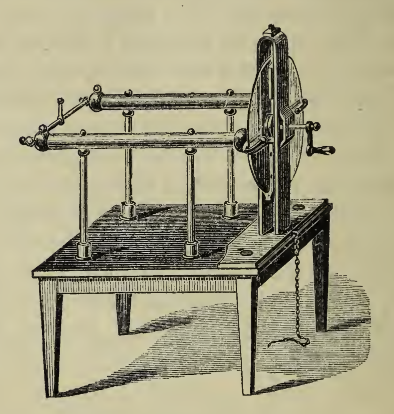


Fig. 42.

kette verbindet diese Reibkissen mit einander und mit der Erde. Wird nun die Glasscheibe herumgedreht, so wird positive Elektricität auf dem Glas und negative auf dem Reibkissen hervorgebracht. Die negative Elektricität der Reibkissen geht durch die Metallkette, welche mit denselben in Verbindung steht, und wird durch sie in die Erde geleitet; auf dieser breitet sie sich aus und wird dort so dünn, daß man überhaupt gar nichts mehr von ihr merkt. Wir sind in dieser Weise die negative Elektricität los geworden, und die positive ist auf dem Glas geblieben. Nun befinden sich dem Glas gegenüber Messingstangen, welche dasselbe an zwei Stellen umfassen; diese stehen in Verbindung mit einer großen metallischen

Oberfläche, welche der Conductor heißt; wir sehen denselben auf der Abbildung. Dieser Conductor steht auf Glasfüßen, so daß er im Stande ist, alle ihm gegebene Elektricität zu bewahren. Außerdem sind die großen, der Glasscheibe nahen Stangen mit Metallspitzen besetzt. Wir wissen schon, daß Spitzen ein starkes Bestreben haben, Elektricität wegzunehmen. Die Folge ist, daß diese Spitzen die positive Elektricität des Glases wegnehmen und auf den Conductor übertragen, wo sie bleibt, weil der Conductor auf Glasfüßen steht. Dadurch, daß wir die Glasscheibe lange genug drehen, können wir also eine große Menge positiver Elektricität auf diesem Conductor anhäufen.

Versuch 60. — Wenn der Conductor der Elektrisirmaschine mit Elektricität geladen ist, und ich dann meinen Finger in die Nähe desselben bringe, so springt ein Funke zwischen dem Conductor und meinem Finger über. Der Grund hievon ist, daß die positive Elektricität des Conductors die beiden Elektricitäten, welche in meinem Finger vereinigt sind, trennt; sie treibt die positive, welche mit ihr gleichnamig ist, durch meine Füße in die Erde, zieht aber andererseits die negative zu sich herüber.

Die beiden Elektricitäten, nämlich die positive des Conductors und die negative meines Fingers, stürzen dann durch die Luft zusammen und vereinigen sich miteinander, wobei sie einen Funken bilden.

84. Die Leydener Flasche.

Versuch 61. — Wenn wir unsern Finger oder Knöchel einer Elektrisirmaschine nähern, so haben wir, wenn der Funke überspringt, eine prickelnde Empfindung, aber erhalten keinen starken Schlag. Um einen Schlag zu erhal-

ten, müssen wir die Leydener Flasche nehmen, welche auf Fig. 43 abgebildet ist. Sie besteht aus einer Glasflasche, welche innen und außen bis an den Hals mit Staniol belegt ist. Eine Messingstange, an deren Ende sich ein Knopf befindet, steht in Verbindung mit der inneren Belegung und wird dadurch festgehalten, daß sie durch einen Kork durchgeht, welcher die Oeffnung der Flasche bedeckt. Die Flasche hat also zwei Belegungen, eine innere und eine äußere, und

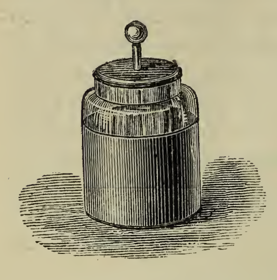


Fig. 43.

diese sind, in Bezug auf die Elektricität, ganz von einander isolirt, insofern Glas die Elektricität nicht leitet. Angenommen nun, ich nehme die Flasche mit ihrer äußeren Belegung in die Hand und halte den Knopf der inneren Belegung an den Conductor einer arbeitenden Elektrisirmaschine. Dann verbreitet sich die positive Elektricität des Conductors über die innere Belegung der Flasche. Sie trennt weiter die beiden Elektricitäten der äußeren Belegung, treibt die positive durch meine Hand und meinen Körper in die Erde aus und zieht die negative an. Es steht jetzt ein Bataillon positiver Elektricität auf der inneren Belegung einem entgegengesetzten Bataillon negativer Elektricität auf der äußeren Belegung gegenüber, und diese beiden wünschen sehnlichst zusammenzutreffen, sind dazu aber nicht im Stande, weil das Glas dazwischen steht. So eifrig sind die beiden Elektricitäten damit beschäftigt, sich zu beobachten, daß sie fest auf ihrem Posten bleiben, während ich noch mehr positive Elektricität auf die innere Belegung bringe. Diese zweite La-

dung wirkt genau wie die erste; sie trennt von Neuem die beiden Elektricitäten der äußeren Belegung, treibt positive Elektricität aus der äußeren Belegung durch meine Hand in die Erde, während negative Elektricität auf der äußeren Belegung bleibt und dem neuen Bataillon positiver Elektricität, welche ich innen zugeführt habe, fest gegenüber steht.

Wir haben jetzt zwei innere und zwei äußere Bataillone, die sich gegenseitig beobachten, und dadurch, daß wir dieses Verfahren fortsetzen, können wir eine große Menge entgegengesetzter Elektricitäten auf den beiden Belegungen einer solchen Flasche anhäufen.

Wollen wir die Flasche entladen, so benutzen wir einen sogenannten Auslader, wie er auf Fig. 44 abgebildet ist. Er wird an den Glasgriffen gehalten, dann läßt man einen der Knöpfe die äußere Belegung der Flasche berühren und bringt den andern allmählich in die Nähe des Knopfes, welcher mit der inneren Belegung der Flasche verbunden ist; wenn die beiden letzteren Knöpfe nahe bei einander sind, sieht man einen hellen Funken, der von einem Knall begleitet wird, und die Flasche ist entladen. Wenn wir selbst den Schlag fühlen wollen, fassen wir die äußere Belegung mit einer Hand an und nähern die andere dem Knopf, welcher mit der inneren Belegung in Verbindung steht, dann findet die Entladung durch unsern Körper statt. Wenn Mehrere den Schlag fühlen wollen, müssen sie sich die Hand geben, und der Eine an dem einen Ende muß die äußere Belegung

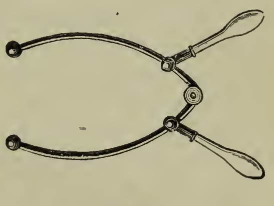


Fig. 44.

anfassen, während der Andere an dem anderen Ende den Knopf der inneren Belegung berührt, dann geht der Schlag durch die Körper Aller.

85. Elektrisirte Körper besitzen Energie.

Aus dem Vorstehenden geht klar hervor, daß Elektricität ein Ding ist, welches Energie besitzt. Wir haben gesehen, daß die beiden entgegengesetzten Elektricitäten der Flasche zusammenstürzen und sich vereinigen und daß diese Vereinigung von einem Blitz und einem Knall begleitet wird. Dieser Blitz ist während seiner Dauer sehr hell, und obgleich er nicht länger als den vierundzwanzigtausendsten Theil einer Sekunde dauert, enthält er nichtsdestoweniger eine bedeutende Wärmemenge. Nun ist Wärme Energie und demnach sehen wir, daß bei der Entladung einer Flasche diejenige Art der Energie, welche wir Elektricität nennen, in jene andere Art der Energie, welche wir Wärme und Licht nennen, verwandelt wird.

Ferner, da Elektricität Energie besitzt, ist Arbeit erforderlich, sie hervorzubringen; diese leisten wir, wenn wir die Elektrisirmaschine drehen, und eine solche Maschine ist wirklich wegen der Anwesenheit der Elektricität schwerer zu drehen. Für nichts ist nichts; wenn man Energie in irgend einer Form erhalten will, muß man Arbeit dazu aufwenden. Andererseits verschwindet aber auch keine Energie, wenn die beiden Elektricitäten sich verbinden, sondern es tritt nur eine Verwandlung einer Form der Energie, nämlich der Elektricität, in eine andere, nämlich die Wärme, ein.

86. Der elektrische Strom.

Wir haben gesehen, daß wenn wir einen spitzen Leiter an eine arbeitende Elektrisirmaschine halten (§ 82), ein unauf=

hörliches Ueberströmen von Elektricität stattfindet, welche durch die Spitze und unsere Hand in die Erde geht. Wir haben aber ein viel besseres Mittel als die Elektrisirmaschine, um einen starken elektrischen Strom zu erhalten. Wir

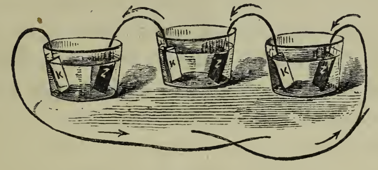


Fig. 45.

wollen kurz dieses Mittel beschreiben, welches zuerst von einem Italiener, Namens Volta, entdeckt wurde und nach ihm die Volta'sche Batterie genannt worden ist. Diese Vorrichtung ist auf der vorstehenden Figur abgebildet. Es befindet sich auf derselben ganz links eine Platte mit K bezeichnet, das bedeutet eine Kupferplatte, ferner eine Zinkplatte mit Z bezeichnet, an welche ein Draht gelöthet ist, der sie mit der Kupferplatte in dem zweiten Gefäß verbindet. In dem zweiten Gefäß ist wieder eine Zinkplatte, welche ebenso mit dem Kupfer in dem dritten Gefäß verbunden ist. Endlich sehen wir ganz rechts eine einzelne Zinkplatte. Füllen wir nun die Gefäße mit einer Mischung von Schwefelsäure und Wasser, befestigen Drähte an das Kupfer auf der linken, und an das Zink auf der rechten Seite und bringen dann die Drähte (die Poldrähte der Batterie) zusammen, so erhalten wir einen Strom positiver Elektricität, welcher in der Richtung der Pfeile rund herum durch den Kreis geht. Wir wollen den Weg verfolgen, auf dem er geht. Zuerst kommt er aus dem Draht, welcher an der am weitesten links befind=

lichen Kupferplatte befestigt ist und geht, wie die Figur zeigt, durch die langen Drähte, bis er in die ganz rechts befindliche Zinkplatte eintritt; von dort wandert er durch die Flüssigkeit, bis er die Kupferplatte erreicht, um von dieser durch den Draht in die nächste Zinkplatte überzugehen; hierauf begibt er sich durch die Flüssigkeit des mittleren Gefäßes bis in die Kupferplatte, von dort durch den Draht in die Zinkplatte des links befindlichen Gefäßes, von dieser Zinkplatte endlich durch die Flüssigkeit in diejenige Platte, von der er zuerst ausging.

87. Die Grove'sche Batterie.

Die so eben beschriebene Vorrichtung wurde von Volta angewandt, seitdem aber sind die Methoden, elektrische Ströme hervorzubringen, bedeutend verbessert. Es stellte sich heraus, daß bei der Volta'schen Vorrichtung der Strom, wenn er auch zuerst stark war, bald schwächer wurde; da hat man eine Methode ersonnen, durch welche man den elektrischen Strom immer in derselben Stärke erhalten kann. Eine solche Batterie nennt man eine constante Batterie und eine der besten ist die, welche von Grove (siehe Fig. 48) erfunden wurde. Bei dieser Batterie haben wir statt eines einfachen Gefäßes ein doppeltes; das äußere Gefäß ist von Glas und das innere von porösem Thon. Das äußere Glas- oder Steingutgefäß ist zum Theil mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. In demselben befindet sich eine auf der Oberfläche amalgamirte Zinkplatte, wie auf der Abbildung zu sehen ist, und außerdem ein poröses Gefäß aus unglasirtem Porcellan. In dieses poröse Gefäß gießt man starke Salpetersäure und in diese Salpetersäure stellt man ein dünnes Platinblech, welches das Kupfer bei der Volta'schen Vorrichtung vertritt.

Wenn nun diese Batterie in Thätigkeit ist, löst sich das Zink in der verdünnten Schwefelsäure auf, und bei diesem Prozeß wird Wasserstoffgas entwickelt. Aber dieser Wasserstoff steigt nicht in Form von Blasen in die Höhe; er erscheint in dem porösen Gefäß, welches die starke Salpetersäure enthält, dort zersetzt er die Salpetersäure, nimmt etwas Sauerstoff in sich auf, wird dadurch zu Wasser (Wasserstoff und Sauerstoff bilden ja Wasser) und verwandelt dabei die Salpetersäure in salpetrige Säure, welche sich durch starken orangegefärbten Rauch bemerkbar macht. So kommt der Wasserstoff nicht an das Platinblech und gerade zu diesem Zweck hat man diese Einrichtung getroffen, denn man hat gefunden, daß bei Volta's ursprünglicher Batterie der Wasserstoff, welcher bei der Auflösung des Zinks entsteht, an der Kupferplatte anhaftet, und daß in Folge dessen die Stärke der Batterie geschwächt wird.

Was wir nun soeben beschrieben haben, ist nur ein einzelnes Gefäß oder eine sogenannte Zelle von der Grove'schen Batterie. Eine große derartige Batterie kann aus 50 oder 100 Zellen bestehen, dann ist der an dem Platin einer Zelle befestigte Draht verbunden mit dem Zink einer anderen, genau wie auf Fig. 45; der einzige Unterschied dabei ist, daß wir statt Kupfer Platin und statt eines einfachen Gefäßes ein doppeltes von der eben beschriebenen Art haben. Der positive Strom geht auch hier durch die Flüssigkeit von der Zink- zur Platinplatte, gerade so wie er bei der Volta'schen Einrichtung von der Zinkplatte durch die Flüssigkeit zur Kupferplatte ging.

88. Die Eigenschaften des Stroms.

Wir wollen jetzt sehen, was ein elektrischer Strom leisten kann, und dazu einige einfache Versuche machen.

Versuch 62. — Wir stellen eine Grove'sche Batterie auf und bringen ein Stückchen sehr feinen Platindrahtes zwischen die beiden Poldrähte der Batterie; wenn die Verbindung hergestellt ist und der Strom hindurchgeht, finden wir, daß der Platindraht rothglühend wird.

Versuch 63. — Wir stellen eine Grove'sche Batterie auf und bringen ihre beiden Poldrähte in 2 umgestülpte Gefäße mit Wasser, wie auf Fig. 46. Wir finden nun, daß

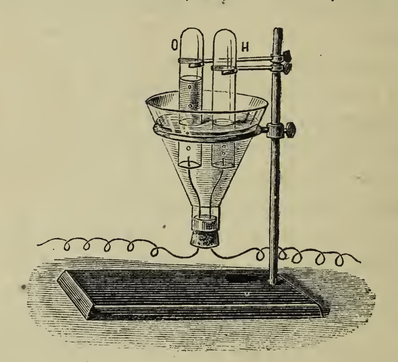


Fig. 46.

der Strom das Wasser zersetzt und daß Sauerstoffgas in dem einen Gefäß und Wasserstoffgas in dem andern erscheint. Das Sauerstoffgas erscheint an demjenigen Pol, welcher mit der Platinplatte, und der Wasserstoff an demjenigen, welcher mit der Zinkplatte verbunden ist. Eine Volta'sche Batterie ist also im Stande Wasser zu zersetzen. Sie ist auch im Stande, sehr viele andere zusammengesetzte Flüssigkeiten zu zersetzen.

Versuch 64. — Wir haben hier einen besponnenen und dadurch isolirten Kupferdraht, welcher um ein dickes Stück

weichen Eisens gewunden ist, das die Form eines Hufeisens hat. Nun wollen wir die beiden Pole unserer Batterie mit den beiden Enden des um das Eisen gelegten Kupferdrahtes verbinden. Ist jetzt die Batterie in Thätigkeit, so finden wir, daß das Eisen die Fähigkeit erlangt hat, anderes Eisen anzuziehen, so daß es eine Eisenplatte, an welcher ein schweres Gewicht hängt, hält, wie auf der Abbildung zu sehen ist. Sobald aber die Verbindung zwischen dem Hufeisen und der Batterie aufgehoben ist, verschwindet diese Fähigkeit, und das Gewicht, welches das Eisen getragen hat, fällt sofort herunter.

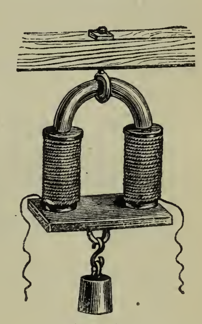


Fig. 47.

Versuch 65. — Wir nehmen ein Stück harten Stahls, z. B. eine Stricknadel, und befestigen sie an dem Hufeisen des vorigen Versuchs, während der Strom hindurchgeht. Dadurch erhält diese Nadel gewisse Eigenschaften, welche sie (im Gegensatz zum weichen Eisen) nicht verliert, wenn der Strom unterbrochen wird, sondern von nun an immer behält. Wenn wir z. B. die Nadel in der Mitte an einem sehr feinen Faden aufhängen und horizontal schwingen lassen, so wird sie immer nach einer Richtung zeigen und diese Richtung wird nahezu Norden und Süden sein. Die Nadel ist nämlich eine Compaßnadel geworden, welche immer nach einer Richtung zeigt, und es dadurch dem Schiffer auf der See möglich macht, sein Schiff immer nach dem richtigen Cours zu steuern. Ein Stück harten Stahls, welches diese Eigenschaften besitzt, heißt ein Magnet.

Versuch 66. — Wir wollen jetzt eine Magnetnadel wagerecht auf eine Spitze setzen. Sie wird nahezu nach Norden und Süden zeigen. Bringen wir aber jetzt einen Draht, durch welchen ein elektrischer Strom geht, in ihre Nähe, so werden wir finden, daß die Nadel nicht mehr nach Norden und Süden zeigt, sondern sich so stellt, daß sie quer oder in rechtem Winkel zu dem Draht liegt, welcher den Strom leitet.

Unterbrechen wir den Strom, so nimmt die Nadel ihre gewöhnliche Richtung wieder an.

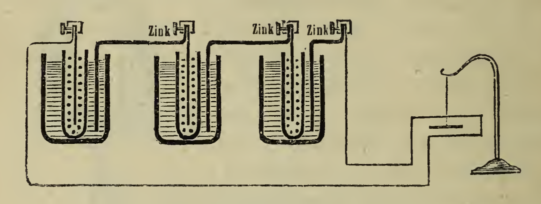


Fig. 48.

Versuch 67. — Wir können den vorigen Versuch auffallender machen durch eine Einrichtung, welche auf der vorstehenden Figur in Umrissen angegeben ist.

Wir stellen unsere Batterie an dem einen Ende des Zimmers auf, während zwei besponnene Drähte von den beiden Polen nach dem andern Ende des Zimmers führen und dort verbunden werden; die Batterie ist dann in Thätigkeit. Ferner hängen wir an dem von der Batterie am weitesten entfernten Ende eine Magnetnadel in der Nähe des Drahtes auf, welche heftig abgelenkt wird, wenn der Strom durch den Draht geht. Wenn nun Jemand in der gegenüberliegenden Ecke des Zimmers den Draht von einem Pole der Batterie löst, so hört der Strom in dem-

selben Augenblicke auf zu fließen, und die Magnetnadel nimmt ihre gewöhnliche Lage wieder an.

89. Der elektrische Telegraph.

Hieraus geht hervor, daß wenn man die Verbindung zwischen dem Draht und der Batterie an dem einen Ende des Zimmers aufhebt, die Nadel an dem anderen Ende des Zimmers in demselben Augenblicke bewegt wird. Diese Wirkung würde auch stattfinden, wenn man die mit den Polen verbundenen Drähte 100 oder selbst 1000 Meilen weit führte, ehe man sie vereinigt. Wenn man eine Magnetnadel an der Seite eines stromdurchflossenen Drahtes aufstellt, wird sie abgelenkt, selbst wenn der Draht 1000 Meilen von der Batterie entfernt ist; sobald man aber das andere Ende des 1000 Meilen entfernten Drahtes von dem Pol der Batterie trennt, hört der Strom auf zu fließen und kehrt die Magnetnadel in ihre gewöhnliche Lage zurück. Es ist also möglich, eine 1000 Meilen entfernte Magnetnadel dadurch zu bewegen, daß man die Verbindung zwischen einem Drahte und dem Pole einer Batterie herstellt oder aufhebt. Hier haben wir das Prinzip des elektrischen Telegraphen, welcher in der Beförderung von Nachrichten solche Wunder thut und uns sagt, was in Amerika stattfindet, wenige Sekunden, nachdem es geschehen ist. Ich kann nicht näher auf den Gegenstand eingehen, aber ich hoffe, verständlich gemacht zu haben, daß es möglich ist, eine 1000 Meilen entfernte Magnetnadel zu bewegen. Diese Zeichen können nun in ähnlicher Weise, wie es bei dem Alphabet für Taubstumme geschieht, zu einem Mittel, Nachrichten zu befördern, gemacht werden.

90. Schluß.

Wir haben nun gelernt, was der elektrische Strom leisten kann. Wie er erstens einen feinen Draht, durch welchen er geht, erhitzt; wie er zweitens Wasser und andere zusammengesetzte Körper zersetzt; wie er ein Stück weichen Eisens stark, wenn auch vorübergehend, magnetisch macht; wie er viertens ein Stück harten Stahls bleibend magnetisch macht; wie er endlich fünftens die Magnetnadel ablenkt und es möglich macht, auf weite Entfernungen zu telegraphiren.

Wir können nicht näher auf diesen sehr interessanten Gegenstand eingehen, aber zum Schluß möchte ich daran erinnern, daß wir jetzt etwas über die wirksamen Zustände der Materie gelernt haben. Zuerst sprachen wir von Körpern in fortschreitender Bewegung, dann von schwingenden Körpern, dann von erwärmten und zuletzt von elektrisirten Körpern, und wir haben durchweg versucht, zu zeigen, daß Energie, welche ein Körper besitzt, niemals ganz verloren geht. Sie kann allerdings in einen andern Körper übergehen oder ihre Form verändern, indem sie aus sichtbarer Energie in Schall, Wärme oder Elektricität übergeht, oder überhaupt sich in sehr verschiedener Weise verwandelt, aber sie wird in Wahrheit ebenso wenig vernichtet, wie ein Theilchen Materie. —

In der That, gerade so wie die Wissenschaft der Chemie auf das Prinzip gegründet ist, daß die Materie nur die Form verändert, indem sie von einer Verbindung in die andere übergeht, aber dabei nie vernichtet wird, so ist die Wissenschaft der Physik auf das Prinzip gegründet, daß die Energie nur ihre Gestalt verändert, aber niemals vernichtet wird. Dies ist aber ein Prinzip, dessen volle Entwicklung für eine höhere Stufe aufgespart werden muß. —

Dinge, welche im Gedächtniß behalten werden müssen.

Ein Meter ist gleich 10 Decimeter, gleich 100 Centimeter, gleich 1000 Millimeter.

Ein Kilometer ist gleich 1000 Meter, eine Meile ist gleich 7 ½ Kilometer.

Ein Kilogramm ist gleich 1000 Gramm.

Ein Gramm ist gleich 10 Decigramm, gleich 100 Centigramm, gleich 1000 Milligramm.

Eine Tonne ist gleich 1000 Kilogramm.

Wenn man einen Stein aus der Hand fallen läßt, so fällt er durch einen Raum von beinahe 5 Meter in der ersten Sekunde.

Stahl ist das stärkste, Gold das dehnbarste Metall; ein Cubikcentimeter Gold kann nämlich so weit ausgehämmert oder gewalzt werden, daß es den Fußboden eines 3 Meter langen und 3 Meter breiten Zimmers bedeckt.

Der Diamant ist der härteste Körper, d. h. er ritzt alle übrigen Körper, während keiner ihn ritzt.

Ein Cubikcentimeter Wasser wiegt 1 Gramm.
1000 „ „ Luft wiegen 1000 Milligramm.
1000 „ „ Kohlensäure wiegen 1524 Milligr.
1000 „ „ Wasserstoff wiegen 69 Milligramm.

Der Druck der Atmosphäre trägt eine 76 Centimeter hohe Quecksilbersäule und eine über 9 Meter hohe Wassersäule.

Der Schall pflanzt sich durch die Luft mit einer Geschwindigkeit von etwa 340 Meter in einer Sekunde fort.

Wenn eine Klaviersaite 50 Schwingungen in einer Sekunde macht, so gibt sie einen tiefen Ton; wenn sie 10,000 Schwingungen in einer Sekunde macht, einen hohen Ton.

Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Kilogramm Eis zu schmelzen, erwärmt 79 Kilogramm Wasser um 1°. Die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um 1 Kilogramm siedendes Wasser in Dampf zu verwandeln, erwärmt 537 Kilogramm Wasser um einen Grad.

Das Licht pflanzt sich durch den Raum fort mit einer Geschwindigkeit von etwa 40,000 Meilen.

Der Funke einer Leydener Flasche dauert nur den 24,000ten Theil einer Sekunde. —

Anleitungen in Betreff der Apparate.

Der zu benutzende Apparat muß vor der Stunde auf den Tisch gesetzt werden, und der Lehrer muß sicher sein, daß er die verschiedenen Versuche ohne Schwierigkeiten ausführen kann. Nach der Stunde muß der Apparat sorgfältig wieder an seinen Platz gestellt werden.

Es ist dafür zu sorgen, daß der Kolben der Luftpumpe durch Fett in seinem Cylinder dicht gemacht ist. Ferner ist dafür zu sorgen, daß der Recipient gut auf den Teller paßt und zu diesem Zweck muß er gut mit Fett eingerieben sein. Wenn das geschehen, muß sich der Recipient leicht und ohne Geräusch auf dem Teller bewegen; hört man hingegen ein Knirschen, so ist das ein Beweis, daß irgend ein harter Körper anwesend ist; dann muß der Rand der Glocke sorgfältig gereinigt und von Neuem mit Fett eingerieben werden. Diese Bemerkung bezieht sich ebensowohl auf die Halbkugeln (Fig. 15) wie auf die Glasglocken.

Um beim Versuch 28 das Gefäß mit Kohlensäure zu füllen, muß die Röhre, welche das Gas zuführt, sehr nahe, aber nicht ganz an den Boden des Gefäßes hinunterreichen.

Um dasselbe Gefäß (Versuch 29) mit Wasserstoff zu füllen, muß die Röhre, welche das Gas zuführt, sehr nahe bis zum Boden des Gefäßes, welcher jetzt zu oberst ist, hinaufreichen.

Der ganze Apparat zum Versuch 45 muß einige Stunden vor Anstellung des Versuchs in ein kaltes Zimmer gestellt werden.

Besondere Vorsicht muß beim Gebrauch des Phosphors angewendet werden, weil derselbe sehr leicht Feuer fängt. Der Phosphor-Vorrath muß unter Wasser gehalten und die kleinen abgeschnittenen Stücke vor dem Gebrauch gut mit Löschpapier abgetrocknet werden.

Wenn das Quecksilber schmutzig ist, nehme man ein Blatt Papier, mache davon einen Trichter und mache mit einer Stecknadel unten in seinen Boden ein Loch.

Dann gieße man das Quecksilber vorsichtig in diesen Trichter und lasse es durch das kleine Loch in ein dazu bestimmtes Gefäß laufen. Man wird es dann wieder spiegelblank finden.

Man muß sich in Acht nehmen, daß das Quecksilber nicht mit andern Metallen in Berührung gebracht wird. Eine kleine Portion muß zum Amalgamiren des Zinks der Batterie für sich aufbewahrt werden.

Bevor die Elektrisirmaschine gebraucht wird, erwärmt man die Glasscheibe. Zu diesem Zweck stelle man sie aufrecht an das Feuer und drehe die Kurbel von Zeit zu Zeit herum, damit die verschiedenen Theile der Scheibe dem Feuer ausgesetzt werden.

Wenn diese Vorschrift nicht befolgt wird, kann das Glas möglicherweise springen.

Das Elektroscop darf nicht zu stark geladen sein, sonst werden die Goldblätter an die Wände der Flasche getrieben und zerrissen. Um das Elektroscop zu laden, gebe man der Leydener Flasche einen einzigen kleinen Funken aus der Maschine, dann berühre man das Elektroscop mit ihrem Knopf.

Die isolirenden Glasstützen des Conductors müssen ebenfalls warm und trocken sein. Endlich müssen die Leydener

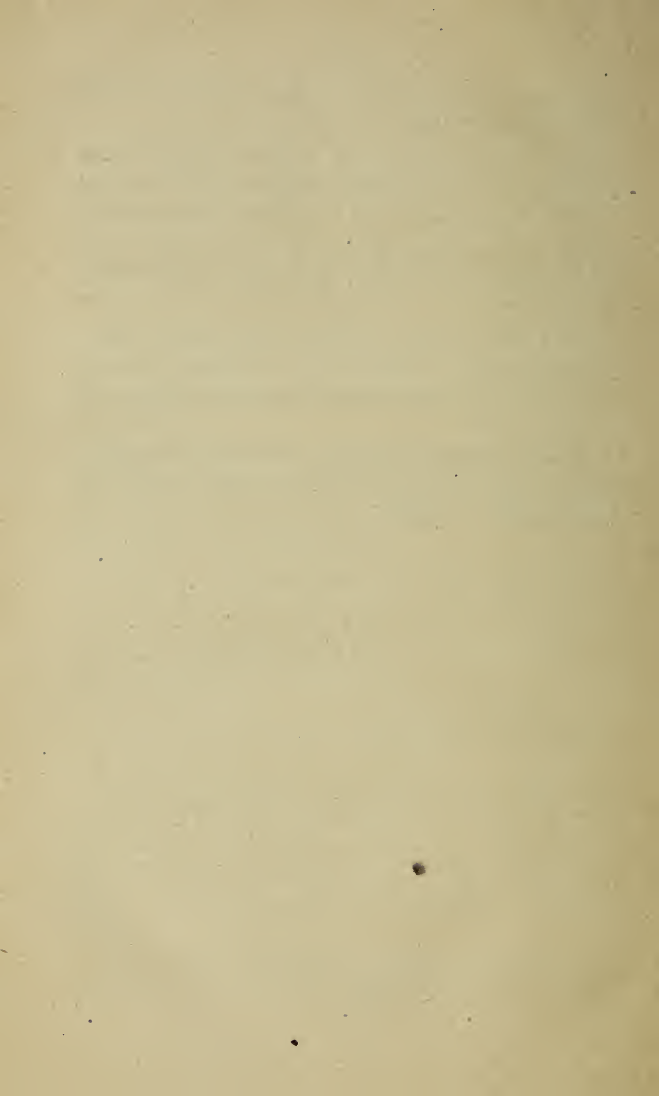
Flasche und alle Glastheile bei einem elektrischen Versuch warm und trocken sein.

In der Grove'schen Batterie muß das Zink gut amalgamirt sein und die verschiedenen Metalle blank an den Punkten, an welchen sie mit der Batterie verbunden sind.

Die verdünnte Schwefelsäure der äußeren Zellen muß auf 1 Raumtheil concentrirter Schwefelsäure 8 Raumtheile Wasser enthalten.

Die porösen Gefäße der Grove'schen Batterie müssen, nachdem die Batterie gebraucht ist, in Wasser gelegt werden, und die Zink- und Platinplatten müssen ebenfalls gut gereinigt werden.

Beim Versuch 66 ist es nöthig, die beiden Messingschalen, in welche die Enden der Batteriedrähte getaucht sind, mit Quecksilber zu füllen.



Preisverzeichniß

der Apparate, die zu den Versuchen nothwendig sind.

(Zu beziehen durch die Verlagshandlung oder direkt durch F. Maier, Mechaniker und Optiker in Straßburg.)

			Mark	Pfg.
Versuch	1.	Blechpfanne mit Erbsen	1	—
"	3.	Eisenplatte mit 4 Schnüren . . .		90
"	4.	Wage von 1 Kilo Tragkraft, Balken 70 Centimeter lang	24	—
		Metallstück, 20 Gramm schwer . .	—	50
		Gewichtsatz von 500 Gramm bis 1 Decigramm	10	—
"	5.	Zwei Pfund Quecksilber in einer Flasche	12	—
		Zwei quadratische Glasstücke von 5 Centimeter Seite	—	20
"	9. 10.	Holzstange	—	60
		Zwei 4=Pfund Gewichte	2	—
"	15.	Senkel	1	—
		Porzellanschale für Quecksilber . .	—	40
"	16.	Communicirende Röhren	2	—
"	17.	Blechcylinder mit 2 Ausflußröhren und Korken	4	—
		Glascylinder mit beweglichem Boden und Schnur	2	—
		Glasgefäß für den Cylinder . . .	1	—
		Indigolösung	—	25
		Transport . M.	61	85

		Mark	Pfg.
	Transport . .	61	85
Versuch 18. 19.	Eine Masse 100 Gramm schwer von dem specifischen Gewicht des Wassers	2	—
" 20.	Hohler Messingcylinder mit genau passender Hülse und Vorrichtung, um dieselbe an der Wage zu befestigen	5	—
" 22.	Holzstück, um das Schwimmen zu zeigen	—	15
" 25.	Handluftpumpe	55	—
	Luftpumpenglocke	2	—
	Zwei Kautschukballons	—	20
" 26.	Glasglocke mit Hals und Wulst .	2	50
	Zwei Kautschukplatten dazu . .	—	20
" 30.	Magdeburger Halbkugeln . . .	10	—
" 31.	Barometerrohr	1	—
	Glasgefäß dazu	1	—
	Trichter zum Füllen des Barometers	—	15
" 33.	Vibrirender Draht auf einem Metallfuß	—	75
" 37.	Thermometerröhre mit Kugel . .	1	20
	100theiliges Thermometer . . .	2	—
" 38.	Blase 2/3 mit Luft gefüllt . . .	—	30
" 40.	Man benutze die Blechpfanne von Versuch 1.		
" 41.	Man benutze die Flasche von Versuch 42.		
" 42.	Kochflasche und zwei Korke dazu .	1	—
	Dreifuß und Drahtnetz	1	25
" 43. 44.	Kein besonderer Apparat.		
" 45.	Gefäß für Schwefelsäure und flaches Wassergefäß	2	—
	Transport . M.	149	55

		Mark	Pfg.
	Transport . .	149	55
Versuch	46. Apparat unnöthig.		
"	47. Man benutze die Flasche von Versuch 42.		
"	48. Drähte, um die ungleiche Wärmeleitung von Kupfer und Eisen zu zeigen, ohne Statif	1	—
"	50. Man benutze die Blechpfanne von Versuch 1.		
"	51. Camera obscura	6	—
"	52. Kein Apparat.		
"	53. Elektrisches Pendel	2	—
	Mehrere Stücke Hollundermark . .	—	40
"	55. Goldblatt Elektroscop	6	—
	Elektrisir-Maschine mit Glasscheibe von 40 Centimeter Durchmesser .	60	—
	Schachtel mit Amalgam	—	75
"	56. Stange halb von Glas, halb von Messing	2	—
	Stange von Glas mit Siegellack überzogen	2	—
	1 Stück Seidenzeug	—	30
	1 Stück Flanel	—	30
"	57. Hierzu ist kein neuer Apparat nöthig.		
"	58. 59. Messingkugel mit Spitze und isolirtem Fuß	3	—
"	60. Kein Apparat.		
"	61. Leydener Flasche	3	—
	Entlader	2	—
"	62. Grove'sche Batterie von 4 Elementen	28	—
	Fünfzig Centimeter dünner Platindraht	—	40
"	63. Voltameter	8	—
	Transport M.	274	70

		Mark	Pfg.
	Transport Mark	274	70
„	64. Elektromagnet	4	—
„	65. Nähnadel und Faden	—	10
„	66. Apparat für den Oersted'schen Versuch, ohne Statif	2	—
	Hierzu kann das Statif von Versuch 54 benutzt werden.		
„	67. 10 Meter umsponnener Kupferdraht	1	—
	Mark	281	80

21000 211 212
21 211 212
21 211 424
42 211 212
441 422 424
21 44511 44944
441 211 212
882 44511 89888
9261000 47511 44944
18000 89022 89888
18 9391821 954828
144
18
324
18
2592
324


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 108229763